



Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1948.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGT-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1948.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1948

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1948.

PRESIDENCE DE M. CHARLES JACOB

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **N. A. Halbertsma**, Président de la Commission Internationale de l'Éclairage, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le lundi 13 décembre 1948.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 22 juin 1948, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Raoul Combes** pour occuper, dans la Section de Botanique, la place vacante par le décès de M. *Pierre-Augustin Dangeard*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Raoul Combes** prend place parmi ses Confrères.

PÉDOLOGIE. — *Tendances actuelles de la pédologie dans les régions tropicales et subtropicales.* Note de MM. **Albert Demolon**, **Georges Aubert** et **Stéphane Hénin**.

Une conférence réunissant les pédologues des divers pays tropicaux et subtropicaux constituant le Commonwealth vient de se réunir en Angleterre.

Ayant été invités à y prendre part, nous dégagerons une vue d'ensemble des tendances qui s'y sont manifestées.

Dès l'origine, le point de vue nouveau apporté par la pédologie a été de considérer le sol comme une entité résultant de l'évolution d'une même roche mère, le facteur actif de cette évolution étant le climat. Cette conception trouve une éclatante confirmation dans le fait que les latérites peuvent se former sous le climat tropical humide à partir de roches mères très variées et non pas seulement sur un substratum volcanique basique comme certains le prétendaient.

L'unité du sol étant due à ce que ses divers constituants résultent d'une même dynamique, le type d'évolution doit être pris comme base d'une classification naturelle des sols. Ceci implique que l'on puisse déduire des caractères des divers horizons constituant le profil, l'histoire de celui-ci. L'appréciation de ces caractères est donc d'une importance fondamentale et en tout premier lieu, l'identification de la roche mère. Par ailleurs, quel que soit le sens que l'on attribue aux particularités d'un profil, il est essentiel que sa description soit strictement objective. A cet égard les pédologues américains ont proposé une échelle de couleurs d'un emploi particulièrement commode; d'autres chercheurs ont tenté de préciser les termes définissant la structure des horizons du sol. Ces caractères morphologiques sont malheureusement insuffisants pour reconstituer la genèse du sol, et il est nécessaire de recourir à une étude minéralogique et physico-chimique du milieu.

Par ailleurs, la signification génétique des divers caractères et leur valeur déterminante peuvent être établies par la mesure de leur variation en fonction des facteurs de l'évolution, par exemple du climat, en recherchant des corrélations entre ces données.

La détermination de la genèse du sol est d'autant plus délicate qu'aux facteurs climatiques agissant suivant la verticale sur une roche mère constante s'en ajoutent d'autres, en particulier l'érosion. Celle-ci, en provoquant des déplacements latéraux de substances peut, soit substituer d'une manière plus ou moins complète à la roche mère des éléments différents, soit masquer par un remaniement des couches l'effet de l'évolution verticale. Aussi est-on souvent amené à distinguer sur le terrain trois zones localisées par rapport au relief : le plateau, où l'évolution continue à se produire de bas en haut; la pente, où l'érosion attaque le sol, parfois jusqu'au substratum géologique; enfin, la vallée, où s'accumulent les éléments arrachés à la partie supérieure et où la présence d'un plan d'eau élevé provoque la formation de types spéciaux tels que les sols tourbeux. L'application systématique de cette observation conduit à l'emploi de la méthode dite des *catena* où l'on cherche à définir, pour chaque substratum initial, une séquence de sols liée à la topographie. Ces principes ont été appliqués particulièrement dans l'Est africain et le Sud du Soudan anglo-égyptien.

Sauf de rares exceptions, le sol porte une couverture végétale. Celle-ci est à la fois un indice de sa nature et un facteur de son évolution; en effet, elle crée un microclimat local particulier; elle agit sur la composition du milieu par la production de matière organique; elle intervient également en créant dans le profil un régime hydrique variable qui modifie les mouvements de substances. Aussi de plus en plus phytosociologues et pédologues associent-ils leurs efforts.

Les différents aspects que prend ainsi la dynamique des sols créent de sérieuses confusions quand on cherche à les classer. Aussi voit-on s'opposer deux tendances : l'une visant à adopter une classification purement morphologique, basée sur les caractères apparents du profil; l'autre, fidèle au principe génétique, tient compte avant tout du mode et du stade d'évolution.

La première conception a l'avantage de permettre immédiatement une cartographie générale, mais les caractères apparents n'ont souvent qu'une valeur subjective et la classification est alors plus ou moins arbitraire; lorsque les caractères considérés ont une valeur utilitaire, en ce sens qu'ils sont liés à certaines propriétés agronomiques, on aboutit à une conception plutôt écologique que pédologique. D'ailleurs, la présence d'un même caractère du profil peut correspondre à des dynamiques très différentes : ainsi, la présence de gravillons ou même de cuirasses ferrugineuses, à faible profondeur ou en surface peut être due à l'influence combinée de la végétation et de l'érosion, soit, au contraire, comme on tend de plus en plus à l'admettre, au dépôt de ces éléments à la surface d'une nappe phréatique élevée.

Quant au concept d'évolution, le plus logique, il se heurte à la difficulté de caractériser la genèse du sol, ce qui implique des études de laboratoire poussées. Dans l'état présent des choses, les deux tendances coexistent sans qu'on soit arrivé jusqu'ici à une classification et une cartographie de caractère universel.

La pédologie donne lieu de plus en plus à un travail extensif, imposé par les besoins économiques et alimentaires actuels.

La prospection des sols s'impose en effet avant toute extension des surfaces cultivées dans les territoires d'outre-mer où des aires considérables sont impropres à la culture, notamment en Afrique. Les problèmes à envisager sont d'ailleurs assez différents selon qu'il s'agit de l'agriculture indigène ou de l'exploitation européenne.

La première est en général destructrice de la fertilité; elle épuise en quelques années les réserves nutritives puisées en profondeur et ramenées en surface par la végétation forestière ou arbustive; elle nécessite alors un déplacement des cultures et même des populations. Il convient dans ce cas de tendre vers une agriculture permanente, conservatrice de la capacité productive du sol; une combinaison judicieuse de l'agriculture et de l'élevage en constitue l'un des éléments essentiels.

La seconde doit rechercher pour les mettre en valeur, des sols de qualité en s'appuyant sur l'observation des plantations existantes; une expérimentation bien organisée lui permet de fixer les techniques susceptibles de conduire à des rendements élevés. Comme elle est exportatrice, la fertilisation doit venir assurer les restitutions indispensables au maintien de la productivité dans des conditions rentables.

D'une façon générale, si l'on rencontre des sols renfermant des réserves minérales satisfaisantes, comme certains d'origine volcanique relativement jeunes, d'autres sont chimiquement très pauvres, en raison du lessivage intense et continu auquel ils sont soumis. Leur déficience phosphocalcique très accusée présente une importance particulière, non seulement par ses conséquences sur le développement des cultures, mais encore par ses répercussions sur l'élevage et les populations humaines. De nombreux exemples démontrent qu'on ne saurait trop s'en préoccuper en vue de l'amélioration des conditions alimentaires actuelles du bétail et des hommes.

BIOLOGIE. — *Sur un œstrogène radioactif.* Note de MM. **Pierre Süe, Jean Jacques, Alain Horeau** et **Robert Courrier.**

Nous avons publié ici même, l'an dernier, les résultats de nos recherches sur un nouvel œstrogène artificiel : l'acide diméthyléthylallénolique ([1]). En introduisant dans la molécule de cette substance un atome de brome, il nous a été possible d'obtenir un œstrogène nouveau, encore très puissant, que nous pouvons rendre radioactif par l'halogène qu'il contient. Nous avons utilisé le brome à défaut du carbone 14 que nous ne possédons pas encore en France.

Les essais entrepris pour rendre radioactive une substance à activité hormonale ne sont pas encore nombreux. Il y a plusieurs années, nous avons tenté sans résultat l'étude de l'iodacétate de testostérone avec du radioïode. Ensuite nous avons pu préparer, en collaboration avec F. Joliot, une thyroxine radioactive dont 2 atomes d'iode sur 4 étaient marqués ([2]). Depuis, P. et R. Daudel, M. Berger, Buu-Hoï et A. Lacassagne ont obtenu le bromotriphényléthylène radioactif au moyen du radiobrome ([3]). R. D. Turner a préparé une testostérone radioactive avec du carbone 14 ([4]); enfin la Commission américaine de l'Énergie atomique a annoncé qu'elle fournirait bientôt aux chercheurs du sulfate d'œstrone marqué ([5]).

Il faut, bien entendu, utiliser des substances qui retiennent sur leur molécule l'élément radioactif après leur introduction dans l'organisme.

([1]) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1401.
([2]) Joliot, Courrier, Horeau et Süe, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 769.
([3]) *Experentia*, 2, 1946, p. 107.
([4]) *Science*, 1947, p. 248.
([5]) *Science*, 9 avril 1948, p. 366.

L'acide diméthyléthylallénolique est un œstrogène très actif et son sel de sodium est soluble dans l'eau. Il en est de même pour son dérivé bromé. On peut ainsi l'utiliser en injection intraveineuse, ce qui facilite sa diffusion rapide et sa détection.

L'éther méthylique de notre acide fixe un atome de brome sur le noyau naphtalénique. Il suffit de faire agir une solution de brome dans le tétrachlorure de carbone sur l'œstrogène dissous dans le même solvant. La réaction est très rapide. L'acide bromhydrique formé est éliminé ensuite par évaporation à sec. On recristallise l'œstrogène bromé dans l'alcool éthylique aqueux. Le rendement, même lorsque la synthèse est effectuée sur des quantités de l'ordre de 2 à 10^{mg} se situe aux environs de 80-90 % après deux recristallisations. Cet acide bromo-diméthyléthylallénolique se présente sous forme de fines écailles nacrées et fond à 185-186°, alors que le corps initial fond à 139-140°. Analyse : $C_{18}H_{21}O_3Br$. Trouvé, Br : 22,6; calc., 21,9.

L'atome de brome est solidement fixé sur la molécule de cet œstrogène artificiel. On l'a vérifié en essayant de provoquer un échange entre le brome organique et une solution ionique de radio-brome. Après séparation, l'œstrogène bromé n'est pas devenu radioactif.

Celui-ci possède une activité physiologique intéressante. Nous avons déjà vu que l'éther méthylique de l'acide diméthyléthylallénolique agissait à la dose de 1,5 à 2 γ sur nos Rates castrées. Le corps bromé est actif entre 10 et 20 γ : les injections étant faites en une seule fois et en solution aqueuse (sel de sodium). Soulignons que les animaux utilisés pour nos dosages sont très peu sensibles aux œstrogènes.

Ces conditions étant fixées, il devenait facile d'obtenir un acide diméthyléthylallénolique bromé radioactif en fixant sur le noyau naphtalénique du brome marqué.

Le radiobrome est obtenu en irradiant du bromure d'éthylène par les neutrons produits par le cyclotron du Collège de France. La concentration des radiobromes, de périodes 4,4 et 34 heures, a été étudiée suivant différentes techniques dont nous rendrons compte ultérieurement. Le mélange des deux isotopes renferme une forte proportion du brome 4,4 heures. On comprend alors que l'activité décroisse très rapidement, puisqu'au bout de peu de temps elle n'est due qu'à l'isotope 34 heures qui est peu abondant.

Nous pouvons cependant dès maintenant déceler, *après plusieurs jours*, des quantités d'œstrogène inférieures au γ. Cette limite est beaucoup abaissée dans les expériences de plus courte durée où l'isotope de période 4,4 heures est prépondérant.

BIOLOGIE. — *Sur la distribution spatiale des organes d'un groupe homéotype*
Note (*) de M. **François Grandjean**.

Les cas difficiles ou douteux mis à part, un groupe homéotype d'organes se présente à nous, dans une espèce ou une race, à un âge déterminé de l'ontogenèse, de l'une des trois manières suivantes :

1. En *orthotaxie* lorsqu'il est toujours formé, quel que soit l'individu qui le porte, des mêmes organes en nombre *n* constant, occupant les mêmes places relatives. *Mêmes organes* veut dire qu'un organe quelconque du groupe, une fois défini sur un individu, se reconnaît sans ambiguïté sur tous les autres individus, de telle sorte que l'on puisse employer, pour désigner cet organe, une notation (ou un nom) qui n'appartienne qu'à lui et à ses homologues. Faute d'un meilleur mot, j'appelle *personnalité* cette qualité d'un organe.

Exemples. — Les dents d'un homme, les poils de presque tous les Oribates, les verrues génitales de presque tous les Acariens actinochitineux, les cellules en nombre fixe qui composent le corps d'un Rotifère, etc.

Lorsque le nombre *n* est quasi constant, il peut y avoir orthotaxie à condition que ce soit seulement une conséquence du caractère aléatoire de certains organes du groupe, ces organes aléatoires étant aussi personnels que les autres.

2. En *pléthotaxie* quand les emplacements et le nombre *n* des organes qui le composent varient beaucoup d'un individu à l'autre, de telle sorte qu'il soit impossible de faire correspondre à chaque organe du groupe, quand on change d'individu, un organe homologue. Les organes pléthotaxiques ne sont pas susceptibles de recevoir des notations. Ils ne sont pas personnels. Ils sont en désordre, c'est-à-dire n'ont pas, sur l'ensemble des individus, une distribution spatiale déterminée et régulière. Leur nombre est d'autant plus variable, d'un individu à l'autre, qu'il est en moyenne plus grand.

Exemples. — Les cheveux d'un homme, les poils d'un Trombidion, les verrues génitales d'un *Arrhenurus*, les cellules en nombre variable qui composent la plupart des organes des Vertébrés, etc.

3. En *cosmiotaxie* (1) quand les organes du groupe, quoique en nombre variable, sont distribués d'une manière définie, la même sur tous les individus. Ordinairement les organes se touchent et forment des rangées régulières. A cause de cette régularité, un organe quelconque peut être désigné simplement, sur chaque individu, par des coordonnées de numérotage, mais ces coor-

---

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) Mot nouveau, de κόσμιος, en bon ordre, et τάξις, arrangement. On pourrait dire *pléthotaxie régulière*, mais cette expression a des inconvénients. J'emploie les termes *orthotaxie* et *pléthotaxie* depuis 1943 (*C. R. séances Soc. phys. et hist. nat. Genève*, 60, p. 118).

données ne sont pas des notations. Elles ne désignent pas le même organe sur tous les individus. Comme en pléthotaxie il est impossible de faire correspondre à chaque organe du groupe, quand on change d'individu, un organe homologue. Les organes cosmiotaxiques ne sont pas personnels.

Exemples. — Les rémiges d'un oiseau, les flagelles alignés (ou les cils) de nombreux grands Flagellés et d'Infusoires, les os dermiques d'un *Ceratodus*, certains épithéliums pavimenteux à cellules hexagonales, un massif de cellules disposées comme dans la multiplication des bactéries du genre *Sarcina*, etc.

Ce sont les *rapports évolutifs entre l'ortho- la plétho- et la cosmiotaxie* qui donnent son principal intérêt au classement que nous venons de faire.

Comparée à la plétho- ou à la cosmiotaxie, l'orthotaxie est primitive. Toutes les fois que l'on saisit des passages, dans un phylum, à un niveau quelconque de l'évolution, pour un groupe quelconque d'organes homéotypes, entre une distribution orthotaxique et une des deux autres sortes de distribution, on est amené à conclure que l'orthotaxie a précédé l'anorthotaxie dans le temps phylogénétique *T* (j'appelle *anorthotaxie* l'ensemble de la plétho- et de la cosmiotaxie).

Cette règle n'a pas d'exception chez les Acariens que j'ai observés, et l'on verrait sans doute qu'elle s'applique aussi constamment ailleurs, à la seule condition d'être vérifiable, c'est-à-dire pourvu que le phylum étudié contienne encore des cas d'orthotaxie. Elle signifie qu'un *phénomène multiplicateur du nombre des petits* ([2]) *organes* agit dans tout le monde vivant et qu'il a frappé, frappe, ou frappera des organes extrêmement divers, à des époques du temps *T* qui dépendent à la fois de la nature des organes, de la place occupée par eux, et des phylums.

Le phénomène multiplicateur, un des plus importants de l'évolution, a détruit déjà l'orthotaxie primitive de presque tous les groupes de petits organes dans quelques phylums, chez les Vertébrés par exemple. Il a moins affecté d'autres phylums. En gros on peut le rendre responsable de l'augmentation de taille des individus dans certains rameaux phylétiques puisqu'il est capable de multiplier le nombre des cellules et que celles-ci, alors même qu'elles deviendraient plus petites à mesure qu'elles se multiplient davantage, ne peuvent pas descendre, dans chaque phylum, au-dessous d'une certaine dimension.

Il faut considérer le phénomène multiplicateur comme une orthogenèse progressive. Ses effets dans le temps *T* ne sont pas réversibles. Ils augmentent

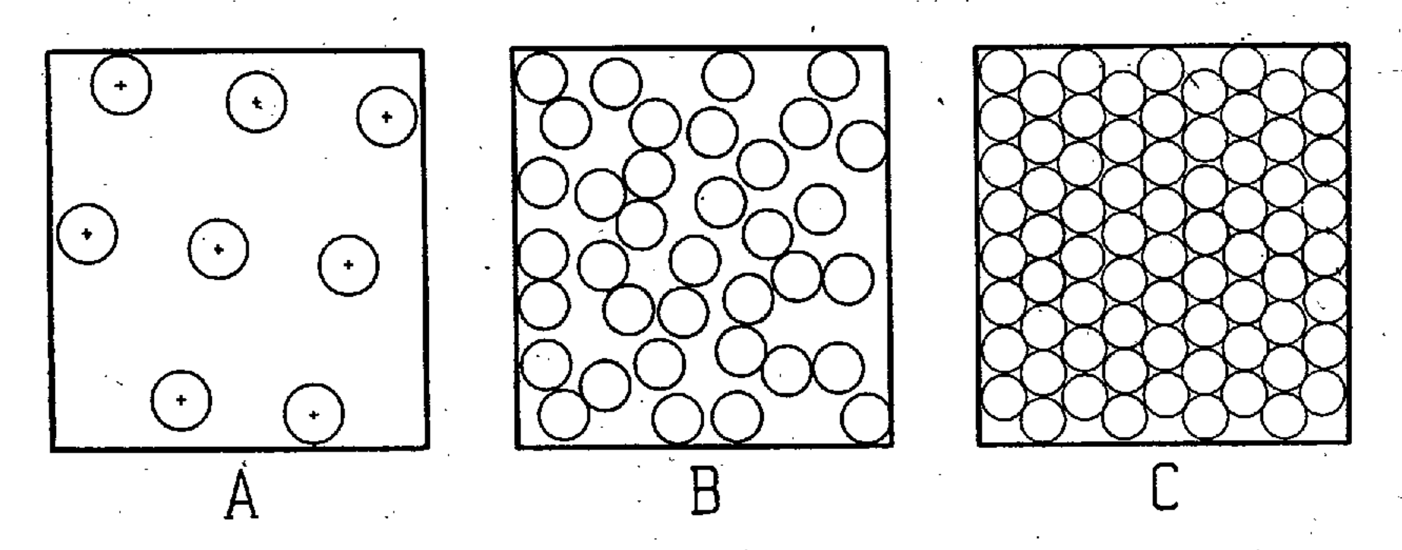
---

([2]) Les nécessités de la vie s'opposent vraisemblablement à la multiplication des gros organes complexes. Cependant des Planaires ont acquis plusieurs pharynx. Pour les petits organes élémentaires, on constate ordinairement que la vieillesse dans le temps *T*, la *force* au sens de la priorité, ou une spécialisation antérieure, sont des obstacles à la multiplication.

depuis une époque initiale T_0 jusqu'à une époque T_1 où ils restent stationnaires, laissant les organes en plétho- ou en cosmiotaxie. Cela ne veut pas dire, bien entendu, que la multiplication soit le seul avatar possible dans un groupe d'organes homéotypes. La réduction numérique est aussi fréquente, mais celle-ci ne produit jamais des résultats inverses de ceux que nous venons d'attribuer au phénomène multiplicateur. Elle obéit à d'autres lois. A partir d'une anorthotaxie franchement accusée, c'est-à-dire à n grand et variable, elle est incapable d'engendrer une orthotaxie. Si elle s'exerce, ce qui extrêmement commun, aux dépens d'une orthotaxie, elle en tire une autre orthotaxie.

Dans le temps ontogénétique t la multiplication des organes est progressive également. On ne passe jamais non plus, au cours du développement d'un animal, de l'anorthotaxie à l'orthotaxie. Chez les Acariens, par exemple, si un adulte est orthotaxique à l'égard d'un groupe homéotype d'organes, sa larve l'est aussi. Si un adulte est pléthotaxique, sa larve est déjà pléthotaxique, ou encore orthotaxique.

Ce dernier cas, qui est heureusement le plus commun, est précieux puisqu'il nous montre des étapes du changement. Chez certaines espèces les organes nouveaux apparaissent dans les rangées orthotaxiques et le nombre n augmente sans qu'il y ait désordre. En continuant on aurait directement une cosmiotaxie. Chez d'autres espèces les organes nouveaux ne s'alignent pas sur les anciens. Il y a pléthotaxie et le désordre est très apparent; mais à mesure que n augmente, ce qui uniformise les organes du groupe, les rapproche les uns des autres et diminue généralement leur taille, le désordre devient plus fin et par conséquent moins visible.



Il doit même théoriquement disparaître si les n organes sont tous pareils et que, multipliés au maximum, ils ne laissent plus entre eux aucun jeu.

Imaginons par exemple une boîte rectangulaire dans laquelle on met des billes identiques entre elles. La figure A schématise une distribution orthotaxique de ces billes, la petite croix qui est au centre de chaque bille voulant dire que la place de l'organe est déterminée (la bille est clouée au fond de la boîte, par exemple). La figure B schématise une distribution pléthotaxique que l'on peut

supposer provenir de A. Les billes sont plus petites et plus nombreuses. Elles ne sont pas en nombre suffisant pour couvrir tout le fond de la boîte et elles sont libres. Elles pourraient se déplacer et réaliser une infinité d'autres distributions pléthotaxiques équivalentes. La figure C schématise la distribution que l'on obtiendrait à partir de B si l'on augmentait au maximum le nombre des billes en leur imposant la condition de ne former qu'une seule couche. Pour que *n* ait sa plus grande valeur, il faut que les billes, leur taille étant donnée, se disposent en rangées régulières et parallèles; donc il faut que la pléthotaxie s'efface et devienne une cosmiotaxie.

Ainsi, de A à C, on a passé indirectement à la cosmiotaxie. L'ordre initial, s'il existait (car des organes orthotaxiques n'ont pas toujours une distribution régulière), a été d'abord détruit, puis a reparu avec d'autres caractères.

EMBRYOGÉNIE. — *L'induction organisatrice hermaphrodite de l'appareil reproducteur, fonction essentielle des gonocytes primordiaux, chez les Vertébrés.* Note (*) de M. **Paul Wintrebert**.

On distingue généralement dans l'œuf des Vertébrés deux grandes régions, le germen et le soma, la première édifiant l'appareil reproducteur, la seconde le reste du corps; mais les embryologistes ne s'entendent pas sur la valeur respective de ces régions, la nature de leurs relations réciproques et le mécanisme de leur activité. En ce qui concerne le développement de l'appareil reproducteur, les uns considèrent les gonocytes primordiaux, qui représentent le germen, comme des éléments passifs, ne prenant aucune part à l'organisation génitale et font dériver celle-ci du mésoderme latéral d'origine somatique (École américaine de Witschi, Humphrey, etc.) (1). Les autres, à l'opposé, exaltent la puissance du germen, qu'ils estiment indépendant du soma: ils en font un centre de vie autonome, générateur, à travers la descendance, d'une lignée continue, immortelle, vivant en parasite dans le soma périssable, sans en subir l'influence (Nussbaum, Weismann, Bounoure) (2). Entre ces deux thèses contradictoires, le débat est toujours pendant; pourtant, si l'on en juge par le résultat d'expériences qui paraissent décisives, aucune d'elles n'est valable. D'une part, en effet, la destruction, ou l'ablation des gonocytes primordiaux, pratiquée chez les Oiseaux [V. Dantschakoff (3)] et chez les Amphibiens [L. Bounoure (4)], suffit à empêcher la formation de l'appareil génital. D'autre part, l'échange, par ablation et greffe de volets latéraux de l'abdomen,

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) R. R. Humphrey, *Journ. exper. Zoology*, 65, 1933, p. 262 et 246.

(2) L. Bounoure, *Annales Sci. Nat. Zoologie*, 17, 1934, p. 204 et 186.

(3) *La cellule germinale*, 1934, Paris.

(4) *Comptes rendus*, 201, 1935, p 1223.

entre jeunes têtards d'Amphibiens (R. R. Humphrey) (1), révèle que le volet somatique greffé, étranger à l'hôte qui fournit les gonocytes primordiaux, impose à la gonade son sexe génétique et interrompt ainsi le destin sexuel des gonocytes primordiaux. Cependant l'élimination complète de ceux-ci reste à discuter.

On peut, en effet, séparer la détermination sexuelle de l'état spécifique, arguer qu'en dehors de la sexualité la lignée germinale persiste et que les gonocytes primordiaux, déchus de leur sexe, n'en continuent pas moins leur évolution. On crée ainsi deux centres génitaux indépendants : un centre germinal, organisateur de l'appareil, et un centre somatique, différenciateur du sexe. C'est le point de vue qu'adopte Ét. Wolff (5) à propos de l'expérience d'Humphrey, en attribuant à la glande interstitielle, somatique, la maîtrise sexuelle de la gonade et en la dotant du pouvoir d'inverser le sexe des gonocytes primordiaux.

Certes, la prévalence hormonale de la glande interstitielle ne fait pas doute et la précosité de son action est démontrée (Ancel et Bouin) (6); mais la question est tout autre. Il s'agit de savoir si cette glande possède une initiative sexuelle autonome, un pouvoir de détermination propre, si elle est capable non seulement d'effacer le sexe génétique, déjà engagé, des gonocytes primordiaux, mais de leur en imposer un autre.

En principe, ce renversement de fonction est inadmissible; l'évolution cytologique constructive est chimique, donc irréversible, comme l'est toute mutation. C'est la raison pour laquelle les changements de sexe se produisent à partir de nouveaux gonocytes corticaux et non par inversion des gonocytes préexistants. En fait, les injections d'hormones sexuelles antagonistes, pratiquées dans l'œuf de poule par Et. Wolff et Ginglinger (7), montrent nettement que les gonocytes, déjà déterminés sexuellement, dégénèrent, tandis que les gonocytes corticaux de nouvelle génération, encore vierges de toute détermination sexuelle, subissent, sans dommage, la loi de l'hormone injectée, avant que ne se déclenche leur induction sexuelle propre. Quant au facteur interstitiel, l'hypothèse d'Et. Wolff se heurte à la constatation formelle, qu'au cas d'une détermination génétique femelle, à l'état normal, l'ébauche testiculaire des cordons médullaires, née la première, dégénère tout entière, tissu interstitiel compris. Celui-ci ne possède donc pas une initiative sexuelle indépendante, une vie propre, autonome, lui donnant le pouvoir de prendre les devants dans l'établissement du sexe femelle, qu'il détient.

Le problème causal de l'édification génitale est donc loin d'être éclairci. Pour tenter de le résoudre, je l'envisagerai sous plusieurs aspects.

---

(5) Et. Wolff, *Les changements de sexe*, 1946, p. 181, Gallimard, Paris.

(6) Ancel et P. Bouin, *C. R. Soc. Biol.*, 55, 1903, p. 1682.

(7) Et. Wolff et Gingliger, *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 20, 1935.

I. *La fonction organisatrice des gonocytes primordiaux.* — J'ai proposé en 1934 ([8]) de donner aux gonocytes primordiaux le pouvoir d'induire les cellules de la crête cœlomique en gonocytes secondaires organisateurs. Depuis 1934, des observations cytologiques précises sont venues confirmer le bien-fondé de cette suggestion. Comme l'a bien vu Bounoure ([2]), les gonocytes primordiaux des Amphibiens, tout au long de leur migration vers le haut du cœlome, désagrègent et dissolvent progressivement le *déterminant germinal.* Ils élaborent, grâce à lui, une sécrétion dont la nature organisatrice, révélée par la formation même de la gonade, est inscrite sur les coupes de la crête germinative en prolifération, par la transformation progressive, *in situ,* des cellules cœlomiques en gonocytes secondaires, au contact des gonocytes primordiaux.

II. *La signification du germen.* — Les partisans de la lignée germinale indépendante et continue ont fait du germen un cytoplasme spécial, une entité. La réalité est tout autre. Trois groupes de faits en témoignent : 1° Le *déterminant germinal* est une enclave lipoïde dont les particules, englobées et aussitôt élaborées par les macromères vitellins du pôle végétatif, transforment les blastomères qui les ont captées, en gonocytes primordiaux. 2° Le cœlome, terme du voyage des gonocytes primordiaux, est dérivé de la plaque mésodermique latérale, dont l'origine est somatique; sans lui, pas de gonade, ni d'appareil reproducteur. La formation de celui-ci est donc l'œuvre commune du soma et du germen. 3° L'expérience d'Humphrey ne laisse d'autre part, aucun doute sur l'intervention organisatrice et sexuelle du soma.

L'unité de l'œuf, ainsi rétablie, appartient au nucléoplasme, partout semblable à lui-même et dirigeant ses déterminations avec le concours des enclaves. La pluralité de celles-ci n'altère en rien son action; elles ne sont pour lui que des matériaux à élaborer, des moyens de construction, des éléments de détermination. L'enchaînement des inductions, élaborées grâce à elles, relie le germen au soma, dans une coopération étroite et ordonnée.

III. *Le caractère hermaphrodite de l'induction organisatrice germinale.* — L'hermaphrodisme de la première ébauche génitale est évident et d'ailleurs incontesté, tant au niveau des gonades que dans les tractus génitaux. La seule question qui se pose est donc de savoir pourquoi les auteurs s'obstinent à en chercher l'explication dans le cadre de la sexualité. Ils dénaturent celle-ci; ils vont jusqu'à la déclarer indifférente, bipotentielle, bivalente, alors que son caractère essentiel est d'être exclusive et unisexuelle. Ils réduisent ainsi à néant le facteur même qu'ils préconisent. Mais ils ont beau minimiser, ou déformer la sexualité, ils n'aboutissent pas à l'hermaphrodisme. Les deux facteurs sont d'origine et de nature différentes; la sexualité signifie concurrence, antagonisme, conflit des hormones; même affaiblie, elle garde son caractère unisexuel;

([8]) P. Wintrebert, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 694.

l'hermaphrodisme est, au contraire, la coexistence fonctionnelle et pacifique des deux sexes. Les hormones mâle et femelle se neutralisent, s'annihilent, auquel cas, sans hermaphrodisme, il n'y a pas de sexe, et si l'une devient dominante, il n'y a qu'un sexe.

Les hormones embryonnaires, imaginées par Witschi ([9]), ont le même caractère d'opposition que les hormones définitives et le fait qu'on ne saisit pas le substratum de leur origine, avant la naissance des formations qu'elles sont censées produire, empêche qu'on les tienne pour organisatrices. Au contraire, la sécrétion de l'induction germinale hermaphrodite est soulignée par des signes cytologiques manifestes dans les gonocytes primordiaux et secondaires.

Sans doute, le maniement expérimental des hormones a-t-il concentré l'attention sur la sexualité et suscité l'espoir d'expliquer, par elle, le mécanisme normal de l'ontogénèse génitale; mais c'est, avant tout, l'ignorance de l'induction organisatrice des gonocytes primordiaux qui a, dans la recherche des causes, forcé les embryologistes à se rabattre sur la sexualité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les actions de la streptomycine sur les graines en germination des plantes vertes et sur les polynucléotides.* Note (*) de MM. **Hans von Euler, Mario Bracco** et **Leo Heller.**

Quand on fait germer des graines de plantes vertes, par exemple d'orge, sur du papier à filtrer, imbibé de solutions de streptomycine plus concentrées que 2^{mg} par millilitre, les coléoptiles et les premières feuilles des plantes sont complètement blanches; à l'examen microscopique on observe, au lieu de chloroplastes, seulement des leucoplastes. Quand les graines germantes sont en contact avec des solutions de streptomycine moins concentrées, les extrémités des feuilles qui se développent sont vertes, tandis que la base et la partie centrale des feuilles sont blanches. Le même effet a été obtenu avec les graines de toutes les plantes étudiées : *Secale cereale, Phleum pratense, Lolium perenne, Festuca elatior, Festuca duriuscula, Raphanus radicicola, Lactuca sativa* et *Spinacia glabra.*

Si l'on soumet des plantules obtenues normalement à l'action de la streptromycine, la chlorophylle déjà formée ne disparaît pas, tandis que, si l'on fait germer les graines dans une solution de streptomycine, les feuilles se développent étiolées et incapables de verdir à la lumière.

Nous pouvons retarder ou arrêter la chlorophyllogenèse dans les plastides des feuilles étiolées; par exemple les feuilles incolores, détachées de l'intérieur d'une tête de *Brassica Botrytis* ou de *Lactuca sativa,* qui normalement verdissent

---

([9]) *Cold Spring Harbor Symposia,* 10, 1942, p. 145.

(*) Séance du 28 juin 1948.

à la lumière en quelques jours, restent blanches ou très pâles quand elles sont exposées à la lumière dans une solution de streptomycine.

Quant au mécanisme de l'action anti-chlorophyllogène de la streptomycine, nous voudrions mettre en évidence la faculté que possède la streptomycine de *précipiter la chloroplastine* (¹).

Les chloroplastes renferment de la chloroplastine (²). Cette substance se présente comme une combinaison de chlorophylle avec des protéines, des lipides et des acides nucléiques (³). On peut donc conclure, que la précipitation de la chloroplastine et des autres composants des chloroplastes, qu'on obtient avec la streptomycine, est causée par leur teneur en acides nucléiques.

La streptomycine précipite les acides ribonucléiques et désoxyribonucléiques et les nucléoprotéides correspondants. Elle ne peut pas être remplacée par une autre substance connue d'origine naturelle, mais nous avons réussi à employer comme précipitant deux produits *synthétiques*, contenant, comme la streptomycine, deux groupes de guanidine par molécule (⁴), à savoir la synthaline et la diméthylène-diguanidine-1.2. Les molécules de ce type, portant deux groupes de guanidine à une certaine distance l'un de l'autre, semblent posséder une affinité spécifique envers les dérivés des nucléotides.

A quel point de la chlorophyllogenèse l'intervention de la streptomycine a-t-elle lieu? La chlorophyllogenèse peut être interrompue dans une phase de la synthèse chlorophyllienne, mais cette interruption peut aussi avoir lieu à un point *antérieur* du développement de la chlorophylle.

A. Guillermond (⁵) a montré le premier que les chloroplastes et les autres plastides se forment par différenciation des chondriosomes. Les chloroplastes ont une constitution très voisine de celle des chondriosomes, et elles sont, dans les végétaux chlorophylliens les plus évolués, le résultat de la différenciation de petits organites, désignés sous le nom de leucoplastes. On peut attribuer à ces organites le caractère des liponucléoprotéides. Du moins, nous n'avons trouvé aucune différence dans les cellules animales entre les précipitations des microsomes, des mitochondries et des plastides.

On peut donc supposer que la streptomycine influence déjà les premières

---

(¹) M. Bracco et H. Von Euler, *Kemiska Arbeten*, Ny följd II, 9 mai 1947, 10 novembre 1947, 10 mars 1948.

(²) A. Stoll, *Atti Congr. intern. di Chimica*, Rome, 1938, p. 206; la chloroplastine est désignée sous le nom de *chloroplasten-substanz*, par W. Menke (*Z. physiol. Chem.*, **257**, 1938-1939, p. 43); sous le nom de *chloroplast substance*, par E. L. Smith (*Journ. Gen. Physiol.*, **24**, 1941, p. 565) et par C. L. Comar (*Bot Gaz.*, **104**, 1942-1943, p. 766).

(³) H. G. Dubuy et M. W. Woods, *Phytopathology*, **33**, 1943, p. 766.

(⁴) *Voir* Selman et A. Waksman, *Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances*. 2ᵉ édit., New-York, 1947.

(⁵) *Traité de Cytologie végétale*, Paris, 1933.

transformations des chondriosomes, qui sont accompagnées par des altérations histochimiques et morphologiques.

Chez l'Orge nous trouvons des analogies entre les plantules blanches, obtenues par l'action de la streptomycine et les mutants déficiants de chlorophylle, obtenus par irradiation avec des rayons X. Chez les mutants d'Orge du type *Albina*, *Xantha* et *Alboxantha*, Euler et Bergman (6) ont observé qu'un manque de chlorophylle est accompagné par une anomalie des chloroplastes, anomalie que nous avons considérée comme le premier et essentiel stade de cette mutation.

Nous avons suivi aussi le développement des chloroplastes dans les feuilles d'Orge, traité par la streptomycine pendant la germination. Nous avons employé la méthode de l'observation vitale sur de minces coupes à la main et sur des couches mésophylliennes sous-épidermiques, en solutions isotoniques de saccharose, où nous avons utilisé la fixation avec le réactif iodo-ioduré d'après Guillermond (7). La coloration vitale par le vert Janus donne des résultats trop inconstants dans ce type de tissu. Dans les feuilles, dont le sommet est déjà un peu vert (dans lesquelles l'effet de la streptomycine n'était donc pas maximum), on trouve, en partant de la base, tous les degrés de développement des chloroplastes. Mais, en comparaison avec les contrôles, les chloroplastes n'achèvent leur développement total qu'à une grande distance de la base; le nombre des chloroplastes mûrs par cellule est fortement réduit : à une distance de la base où, dans les contrôles, la paroi cellulaire est déjà complètement couverte de chloroplastes, on ne voit dans les feuilles traitées avec la streptomycine que deux à trois chloroplastes mûrs par cellule. La formation des granules d'amidon et le dépôt des pigments ont lieu aussi dans les feuilles traitées, mais ici les chloroplastes sont souvent plus petits que les chloroplastes normaux.

Nous avons aussi suivi l'action de la streptomycine sur les plastides par une autre méthode : des couches épidermiques de *Allium Cepa* étaient mises dans des solutions de streptomycine (jusqu'à 2^{mg} par millilitre), rendues isotoniques avec du saccharose. Après deux heures, on pouvait observer des agglomérations et de l'affaiblissement de la mobilité des chondriosomes, mais, à côté de ces cellules modifiées, il y avait toujours des cellules tout à fait normales.

Nos expériences nous amènent à la conclusion, que c'est en réagissant avec les acides nucléiques et les nucléoprotéides des chondriosomes que la streptomycine modifie leur différenciation et leur division et influence le développement des chloroplastides.

(6) *Bot. Ber.*, **1**, 1933, p. 283.
(7) *Rev. Gén. de Bot.*, **31**, 1919, p. 389.

DÉSIGNATIONS.

L'UNION INTERNATIONALE D'HISTOIRE DES SCIENCES signale qu'elle a inscrit, dans son budget de 1949, une somme de 1 000 dollars pour la publication de la Correspondance de LAVOISIER, et invite l'Académie à former un Comité qui sera chargé de diriger cette Publication.

Ce Comité est ainsi constitué : le **BUREAU DE L'ACADÉMIE**, la **SECTION DE CHIMIE**, M[me] **DE CHAZELLES**, MM. **DOUGLAS MAC KIE**, **JEAN PELSENEER**, **RENÉ FRIC**.

Les Archives de l'Académie contiennent les minutes d'un assez grand nombre de lettres de Lavoisier, d'autres se trouvent dans la collection de M[me] de Chazelles et dans diverses collections particulières. Un appel est adressé à toutes les personnes qui en détiennent pour qu'elles veuillent bien en faire connaître l'existence au Comité.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Association française pour l'étude du sol. *Comptes rendus de la Conférence de Pédologie méditerranéenne* (présenté par M. Demolon).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés et applications du balayage.* Note (*) de M. **MARCEL BRELOT**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Rappel de quelques notions* ([1]). — Si R_τ est l'espace euclidien à $\tau \geq 2$ dimensions, on raisonnera dans l'espace compact $\overline{R}_\tau$ obtenu par adjonction d'un point à l'infini. Soit le domaine Ω de complémentaire non polaire et de fonction de Green $G_P(M)$ servant à définir des potentiels-G. Dans Ω, l'extrémale $\mathcal{E}_u^A$ ou $\mathring{u}$ de u sousharmonique ≤ 0 relativement à l'ensemble $A \subset \Omega$ est la plus grande fonction sousharmonique ≤ 0 égale à u quasi partout hors A. Notion analogue pour v surharmonique ≥ 0 ($\mathcal{E}_v^A = -\mathcal{E}_{-v}^A$) et pour une différence dont l'extrémale sera la différence des extrémales. L'extrémale est conservée par itération ou altération de A d'un ensemble polaire. Si u est un potentiel-G, de même $\mathring{u}$ et la nouvelle distribution de masses est dite obtenue par extrémisation relative à A ou balayage relatif à $C_\Omega A$ (balayage extérieur de H. Cartan).

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) Voir surtout BRELOT, *J. de Math.*, 24, 1945, p. 1-32 et H. CARTAN, *Annales de l'Univ. de Grenoble*, section des Sc. Math. et physiques, 22, 1946, p. 221-280.

Il est commode d'utiliser aussi sur Ω la *topologie fine* de H. Cartan, telle que les voisinages d'un point P sont les ensembles contenant P et de complémentaire effilé en P, et qui est la moins fine rendant continues les fonctions sous-harmoniques. Le qualificatif fin ou finement indique qu'une notion est prise dans cette topologie. On sait que, après une extrémisation relative à A, il n'y a plus de masses sur l'intérieur fin de A ([2]).

2. Lemme. — *Soient dans Ω, u sous-harmonique $\geqq$ K fini et A l'ensemble où $u = K$. Alors il n'y a pas de masses associées sur l'intérieur fin de* A ([3]).

Comme il s'agit d'une propriété locale de $\overline{R}_\tau$, on se ramène (en diminuant Ω puis altérant u au voisinage de la frontière et d'une constante partout) au cas de $u \leqq 0$, potentiel-G, venant s'annuler à la frontière, avec $K < 0$. Alors, relativement à l'ouvert ω où $u < K + \alpha$ ($\alpha > 0$ assez petit) et dont l'adhérence est contenue dans Ω, l'extrémale y vaut la solution du problème de Dirichlet H_u^ω. Mais comme l'ensemble des points-frontière où un domaine (de complémentaire non polaire) est effilé, est de mesure harmonique nulle pour ce domaine ([4]), $H_u^\omega = K + \alpha$ d'où $\mathcal{E}_u^A = u$ sur A donc partout.

3. Soit $A \subset \Omega$ et la distribution ε_P (masse 1 en P). On sait que $\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge P (et vaut alors ε_P) que si CA est non effilé en P, que $\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge, hors P, ni les ensembles polaires, ni l'intérieur fin de A. De plus :

Théorème. — *$\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge pas, hors* P, *l'extérieur fin de* A. *Autrement dit le balayage de la masse unité en* P *relativement à un ensemble* B, *n'apporte pas de masses, hors* P, *sur l'intérieur fin de* B.

Considérons en effet $v = G_P - \mathring{G}_P$ sur un domaine ω auquel P n'est pas adhérent. Il n'y a donc pas sur ω de masses associées à v ou $\mathring{G}$ sur l'intérieur fin de l'ensemble où $G = \mathring{G}$, donc sur l'intérieur fin de CA ([5]).

Corollaire. — *Soit u sous-harmonique $\leqq 0$ et $A \subset \Omega$; l'extrémale $\mathcal{E}_u^A$ ne dépend sur l'adhérence fine de* A *que des valeurs de u sur la frontière fine de* A.

Cela résulte de $\mathring{u}(M) = \int u \, d\mathring{\varepsilon}_M$.

([2]) Dire qu'un ensemble ne porte pas de masses, c'est dire qu'il est de mesure nulle pour la distribution des masses prise comme mesure de Radon.

Un énoncé plus précis est qu'il n'y a pas de masses sur le *noyau* de A, ensemble des points de Ω où CA est effilé (et qui est la réunion de l'intérieur fin de A et de l'ensemble, d'ailleurs polaire, des points finement isolés de CA).

([3]) Identique ici au noyau de A.

([4]) *Voir* de La Vallée-Poussin, *Bull. Ac. Royale de Belgique* (classe des sciences), 5e série, 24, 1938, p. 685 (Note au bas de page) et une autre démonstration dans mon article du *Bull. Soc. royale des Sc. de Liège*, 1939, p. 473. On y suppose le domaine borné, mais le passage à nos hypothèses est facile.

([5]) La même méthode peut s'appliquer à l'extrémisation extérieure (balayage intérieur), mais le résultat s'exprime moins simplement.

4. Applications. — 1. *Soient u la différence* $u_1 - u_2$ *de deux potentiels*-G *de masses* $\geqq 0$ *et* A *l'ensemble où u est non définie ou nulle; alors* $\mathcal{E}_u^A = u$ *quasi partout, et il n'y a donc pas de masses sur l'intérieur fin de* A ([6]) (intérieur qui ne dépend pas de la décomposition de u).

Car on a $u_1 = u_2$ sur A, donc sur la frontière fine, puis $\mathring{u}_1 = \mathring{u}_2$ sur A d'où $u_1 - u_2 = \mathring{u}_1 - \mathring{u}_2$ quasi partout.

Un peu plus généralement, si sur un ensemble, la différence de deux fonctions sous-harmoniques est non définie ou nulle, l'intérieur fin ne porte pas de masses de la distribution-différence.

2. *Si u est un potentiel*-G (*de masses de signes quelconques*) *de même* u^+, u^-, *donc* $|u|$([7]) *;* u^+, u^- *se déduisent de u par des extrémisations.*

Car si l'on décompose encore $u = u_1 - u_2$ et si l'on prend pour A l'ensemble où $u_1 < u_2$ (ou encore $u_1 \leqq u_2$), on déduit $u_1 = u_2$ sur la frontière fine, d'où $\mathring{u}_1 = \mathring{u}_2$ sur A, puis $(u_1 - u_2)^+ = \mathring{u}_1 - \mathring{u}_2$ quasi partout, et même par continuité fine, partout où les deux membres sont définis.

Cette propriété de $|u|$ permet d'améliorer un énoncé récent ([8]) affirmant la nullité d'une fonction harmonique satisfaisant à certaines conditions à la frontière; la condition pour la fonction v considérée d'être harmonique bornée pourra être remplacée par celle que v soit une différence de deux fonctions sous-harmoniques bornées (potentiel borné), et il sera entendu que le u de l'énoncé est nul là où v est nul.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur l'interpolation newtonienne.* Note de M. **Gérard Kowalewski**, présentée par M. Élie Cartan.

Le théorème de Taylor peut être écrit de la manière suivante, dont je me sers depuis longtemps

$$f(x) - f(x_0) - \frac{x - x_0}{1!} f'(x_0) - \ldots - \frac{(x - x_0)^{n-1}}{(n-1)!} f^{(n-1)}(x_0)$$
$$= \int_a^b \frac{1}{2} \frac{(x-u)^{n-1}}{(n-1)!} [\operatorname{sgn}(x-u) - \operatorname{sgn}(x_0 - u)] f^{(n)}(u)\, du.$$

Dans l'intervalle $a \ldots b$ contenant x et x_0, la fonction $f(x)$ est supposée continue jusqu'à sa dérivée d'ordre n

$$\mathfrak{G}(x, u) = \frac{1}{2} \frac{(x-u)^{n-1}}{(n-1)!} [\operatorname{sgn}(x-u) - \operatorname{sgn}(x_0 - u)]$$

([6]) D'ailleurs identique au noyau de A.

([7]) M. J. Deny à qui j'ai communiqué ce résultat en a obtenu une démonstration immédiate, seulement basée sur le fait que l'enveloppe inférieure de deux potentiels-G de masses $\geqq 0$ est de cette même nature.

([8]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1499-1500. Application du théorème 1.

est un noyau de Fredholm que j'appelle le *noyau taylorien*. L'opération de Fredholm

$$\Phi(x)=\int_a^b \mathfrak{T}(x,u)\varphi(u)\,du$$

conduit de $\varphi(x)$ à une fonction primitive d'ordre n, qui est déterminée par les conditions

$$\Phi(x_0)=0, \quad \Phi'(x_0)=0, \quad \ldots, \quad \Phi^{(n-1)}(x_0)=0.$$

En se servant de l'abréviation

$$f(x_0)+\frac{x-x_0}{1!}f'(x_0)+\ldots+\frac{(x-x_0)^{n-1}}{(n-1)!}f^{(n-1)}(x_0)=t(x),$$

on pourra écrire

$$(1)\qquad f(x)-t(x)=\int_a^b \mathfrak{T}(x,u)f^{(n)}(u)\,du.$$

Fixons maintenant dans l'intervalle $a\ldots b$ les points $x_1, \ldots, x_n$ et formons avec ces points les polynomes de Lagrange

$$\mathcal{L}_1(x)=\frac{(x-x_2)\ldots(x-x_n)}{(x_1-x_2)\ldots(x_1-x_n)}, \quad \ldots, \quad \mathcal{L}_n(x)=\frac{(x-x_1)\ldots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_1)\ldots(x_n-x_{n-1})}$$

et le polynome d'interpolation

$$\mathfrak{L}(x)=\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)f(x_\nu).$$

Notre formule fondamentale (1) nous donnera une expression très remarquable de la différence $f(x)-\mathfrak{L}(x)$. Nous en concluons d'abord

$$\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)[f(x_\nu)-t(x_\nu)]=\int_a^b [\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\,\mathfrak{T}(x_\nu,u)]\,f^{(n)}(u)\,du.$$

Parce qu'on a pour le polynome $t(x)$ du degré $n-1$

$$\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\,t(x_\nu)=t(x),$$

on pourra écrire

$$(2)\qquad \mathfrak{L}(x)-t(x)=\int_a^b [\Sigma_\nu\mathcal{L}(x)\mathfrak{T}(x_\nu,u)]\,f^{(n)}(u)\,du.$$

En soustrayant (1) et (2) on trouvera

$$(3)\qquad f(x)-\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)f(x_\nu)=\int_a^b [\mathfrak{T}(x,u)-\Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\mathfrak{T}(x_\nu,u)]\,f^{(n)}(u)\,du.$$

L'écart entre $f(x)$ et le polynome d'interpolation $\mathfrak{L}(x)$ s'exprime, comme on voit, par l'écart analogue formé pour le noyau $\mathfrak{T}(x,u)$, regardé comme fonction de x, et par la dérivée $f^{(n)}(x)$.

Cette formule (3) subsistera encore, quand les points $x_1, \ldots, x_n$ se confondent en quelques groupes. Toujours l'écart entre $f(x)$ et son polynome d'interpolation s'exprimera de la même façon par l'écart analogue formé pour $\mathfrak{T}(x,u)$ comme fonction de x et par $f^{(n)}(x)$.

Remarquons enfin que dans la formule (3) on pourrait remplacer $\mathcal{T}(x, u)$ par

$$\mathcal{T}^{\star}(x, u) = \frac{1}{2}\frac{(x-u)^{n-1}}{(n-1)!}\operatorname{sgn}(x-u),$$

parce que la partie $(1/2)[(x-u)^{n-1}/(n-1)!]\operatorname{sgn}(x_0-u)$ de $\mathcal{T}(x, u)$, polynome du degré $n-1$ en x, apporte à l'expression $\mathcal{T}(x, u) - \Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{T}(x_\nu, u)$ la contribution zéro. La formule (3) se réduira ainsi à

$$(3^{\star})\qquad f(x) - \Sigma\mathcal{L}_\nu(x) f(x_\nu) = \int_a^b [\mathcal{T}^{\star}(x, u) - \Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{T}^{\star}(x_\nu, u)] f^{(n)}(u)\, du.$$

L'interpolation newtonienne est de cette manière liée au noyau de Fredholm

$$\mathcal{K}(x, u) = \mathcal{T}^{\star}(x, u) - \Sigma\mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{T}^{\star}(x_\nu, u).$$

L'opération de Fredholm

$$\Phi(x) = \int_a^b \mathcal{K}(x, u)\,\varphi(u)\,du$$

conduit à une fonction primitive d'ordre n de $\varphi(x)$ déterminée par les conditions

$$\Phi(x_1) = 0, \quad \ldots, \quad \Phi(x_n) = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de calcul des images symboliques.* Note (*) de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Henri Villat.

B. van der Pol [1] a donné une méthode pour trouver, dans certains cas, la transformée de Laplace $f(p)$ d'une fonction $y(x)$ solution d'une équation différentielle (E) linéaire homogène [2]. La méthode consiste à déduire de (E) une équation (F) de même type ayant $f(p)$ pour solution, et son intérêt provient de ce que si (E) est d'ordre n à coefficients polynomes de degré r en x, (F) est d'ordre r à coefficients de degré n en p. Si $r < n$, l'ordre de l'équation est donc abaissé; r solutions convenables de (E) donnent un système fondamental de solutions de (F). Il est naturel de se demander ce que sont devenues les $(n-r)$ solutions de (E) qu'il faut adjoindre aux précédentes pour avoir un système fondamental de solutions. La réponse tient dans le fait que la transformée (F) de (E) n'est homogène que si l'on suppose y et ses $(n-r-1)$ premières dérivées nulles pour $x = 0$; sinon (F) admet un second membre linéaire et homogène en $y(0), y'(0), \ldots, y^{(n-r-1)}(0)$. On peut d'ailleurs éliminer ces quantités en dérivant (F), et l'on obtient une équation (F′) de mêmes ordre et type que (E) qu'on doit donc considérer comme la véritable transformée de (E). L'intérêt de la méthode de van der Pol se présente alors comme étant de

---

(*) Séance du 21 juin 1948.

[1] *Phil. Mag.*, 7e série, **8**, 1929, p. 861-898.

[2] H. V. Lowry (*Phil. Mag.*, 7e série, **13**, 1932, p. 1048) et plus récemment P. Baudoux (*Bull. Ac. Roy. Belg.*, *Cl. des Sc.*, 1945, p. 471 et 669; 1946, p. 127), ont montré que la méthode s'applique avec le même succès à des équations non homogènes.

donner directement une intégrale première (dépendant de $n-r$ constantes arbitraires) (F) de (F').

La méthode de van der Pol permet donc d'obtenir, si elles existent, les transformées de Laplace de *toutes* les solutions de (E), en remplaçant $y(0)$ et ses dérivées, soit par leurs valeurs, soit par une constante arbitraire (si ces valeurs, ou leurs coefficients, étaient nuls ou infinis). Cette extension de la méthode se justifie rigoureusement sans peine lorsque, comme dans les exemples suivants, $y(x)$ est développable en série absolument et uniformément convergente pour tout x.

Prenons par exemple l'équation de Bessel sous la forme

$$(1) \qquad xy'' + (1-2\lambda)y' + xy = 0.$$

Sa transformée est (2), d'où l'on déduit les relations (3) et (4)

$$(2) \qquad p(p^2+1)f' + (2\lambda p^2 - 1)f = 2\lambda y(0)p^2 = \mathrm{A}p^2,$$

$$(3) \qquad x^\lambda \mathrm{J}_{-\lambda}(x) \supset -\frac{2^{\lambda+1}}{\Gamma(-\lambda)}\frac{p}{(p^2+1)^{\lambda+\frac{1}{2}}}\int_0^p (p^2+1)^{\lambda-\frac{1}{2}}dp - \frac{p}{(p^2+1)^{\lambda+\frac{1}{2}}}\left|\overline{\int_0^\infty (p^2+1)^{\lambda-\frac{1}{2}}dp},\right.$$

valables quel que soit λ non entier $\geqq 0$. On a introduit la notion de M. Hadamard : partie finie d'une intégrale infinie (inutile si $\mathcal{R}\lambda < 0$).

$$(4) \qquad x^n \mathrm{Y}_n(x) \supset -2^{n+1}n!\frac{p}{(p^2+1)^{n+\frac{1}{2}}}\int_0^p (p^2+1)^{n-\frac{1}{2}}dp \qquad (n \text{ entier} \geqq 0).$$

L'équation de Bessel sous la forme (5) conduit aux relations (6) et (7)

$$(5) \qquad xy'' + (1+\lambda)y' - y = 0.$$

$$(6) \qquad x^{-\frac{\lambda}{2}}\mathrm{I}_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \frac{1}{\Gamma(\lambda)}p^\lambda e^{\frac{1}{p}}\int_p^\infty e^{-\frac{1}{p}}\frac{dp}{p^{\lambda+1}},$$

$$(7) \qquad 2x^{-\frac{\lambda}{2}}\mathrm{K}_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \Gamma(\lambda)\Gamma(1-\lambda)e^{\frac{1}{p}}p^\lambda - \Gamma(1-\lambda)e^{\frac{1}{p}}p^\lambda\int_p^\infty e^{-\frac{1}{p}}\frac{dp}{p^{\lambda+1}},$$

valables si $\mathcal{R}\lambda > 0$.

Si $\mathcal{R}\lambda \leqq 0$, les intégrales n'ont plus de sens, et l'on doit introduire des parties finies d'intégrales, d'où (en changeant λ en $-\lambda$)

$$(6') \qquad x^{\frac{\lambda}{2}}\mathrm{I}_{-\lambda}(2\sqrt{x}) \supset \frac{-1}{\Gamma(-\lambda)}e^{\frac{1}{p}}\sum_{m=0}^{n}\frac{(-)^m}{(\lambda-m)m!}\frac{1}{p^m} + \frac{1}{\Gamma(-\lambda)}p^{-\lambda}e^{\frac{1}{p}}\left|\overline{\int_p^\infty p^{\lambda-1}e^{-\frac{1}{p}}dp},\right.$$

$$(7') \qquad 2x^{\frac{\lambda}{2}}\mathrm{K}_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \Gamma(\lambda+1)e^{\frac{1}{p}}\left[\frac{\Gamma(-\lambda)}{p^\lambda} + \sum_{m=0}^{n}\frac{(-)^m}{(\lambda-m)m!}\frac{1}{p^m}\right] - \Gamma(\lambda+1)p^{-\lambda}e^{\frac{1}{p}}\left|\overline{\int_p^\infty p^{\lambda-1}e^{-\frac{1}{p}}dp},\right.$$

valables pour $\mathcal{R}\lambda \geqq 0$ (n est le plus grand entier $< \mathcal{R}\lambda$).

Pour $\lambda = n$ entier $\geqq 0$, $(7')$ doit être remplacée par

$$(8) \qquad x^{\frac{n}{2}} K_n(2\sqrt{x}) \supset \frac{(-)^n}{2}\left[\operatorname{Log} p + \psi(n+1) + n! \sum_{m=1}^{n} \frac{(-)^m}{m(n-m)!} p^m \right] p^{-n} e^{\frac{1}{p}} - \frac{n!}{2} p^{-n} e^{\frac{1}{p}} \int_p^{\infty} p^{n-1} e^{\frac{1}{p}} dp.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété de l'application quasi conforme d'une surface de Riemann ouverte.* Note (*) de M. **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Si deux surfaces de Riemann ouvertes et simplement connexes sont applicables l'une sur l'autre par une transformation quasi conforme, elles sont du même type (parabolique ou hyperbolique). Je donne ici une généralisation de ce théorème connu. Soient $\mathfrak{f}$ une surface de Riemann ouverte quelconque et $F_0 \subset F_1 \subset \ldots F_n \subset \ldots$ une suite emboîtée de surfaces partielles et compactes, qui engendrent $\mathfrak{f}$. Admettons que la frontière Γ_n de F_n soit formée par une ou plusieurs courbes suffisamment régulières. Considérons la fonction ω_n univoque et harmonique dans le domaine $F_n - F_0$, nulle sur Γ_0 et égale à 1 sur Γ_n. La suite $\omega_n (n = 1, 2, 3, \ldots)$ tend en décroissant ou bien vers la constante 0 ou bien vers une fonction harmonique positive; $\lim_{n \to \infty} \omega_n$ est indépendante de la suite choisie $\{F_n\}$. La classification très importante des surfaces de Riemann ouvertes, qui est due à M. R. Nevanlinna ([1]) repose sur cette propriété de la suite ω_n : une surface de Riemann est dite de *frontière nulle* lorsque $\omega_n \to 0$; elle est dite de *frontière positive* dans l'autre cas. Les surfaces de *frontière nulle* sont du type parabolique si elles sont simplement connexes.

Théorème. — *Deux surfaces de Riemann ouvertes, qui sont applicables l'une sur l'autre par une transformation quasi conforme, sont en même temps de « frontière nulle » ou de « frontière positive » au sens de Nevanlinna.*

Démonstration. — Soient $\mathfrak{f}$ et $\mathfrak{f}'$ les deux surfaces, P et P' des points correspondants par la transformation quasi conforme. A la suite $\{F_n\}$ correspond alors une suite $\{F'_n\}$, qui engendre $\mathfrak{f}'$. ω_n se transforme en Ω_n défini dans $F'_n - F'_0$ par l'équation $\Omega_n(P') = \omega_n(P)$. Par contre ω'_n désigne la fonction univoque et harmonique dans $F'_n - F'_0$, qui est nulle sur Γ'_0 et égale à 1 sur Γ'_n. La transformation quasi conforme possède par définition la propriété suivante : si z et z' sont des paramètres locaux complexes en P et P', si dz et dz' ainsi que $d\sigma_z$ et $d\sigma_{z'}$, sont des éléments d'arc et de surface correspondants, il existe une constante K telle que

$$\left|\frac{dz}{dz'}\right|^2 < K \frac{d\sigma_z}{d\sigma_{z'}} \quad \text{presque partout.}$$

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) R. Nevanlinna, *Ann. Acad. Sci. Fennicæ*, 1941.

On vérifie facilement que

$$|\operatorname{grad}_{z'} \Omega_n| \leq |\operatorname{grad}_z \omega_n| \left|\frac{dz}{dz'}\right|,$$

d'où résulte, grâce à (1),

$$\int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad} \Omega_n|^2 \, d\sigma < K \int_{F_n - F_0} |\operatorname{grad} \omega_n|^2 \, d\sigma.$$

Or, Ω_n et ω'_n prenant les mêmes valeurs sur la frontière de $F'_n - F'_0$, il suit du principe de Dirichlet que

$$\int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad} \omega'_n|^2 \, d\sigma \leq \int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad} \Omega_n|^2 \, d\sigma.$$

On a donc

$$(2) \qquad \int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad} \omega'_n|^2 \, d\sigma < K \int_{F_n - F_0} |\operatorname{grad} \omega_n|^2 \, d\sigma \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

Si f est de *frontière nulle*, ω_n ainsi que l'intégrale de Dirichlet correspondante tendent vers zéro si $n \to \infty$. Grâce à (2) les ω'_n tendent aussi vers la constante zéro. La surface f' est donc de *frontière nulle* et le théorème est démontré.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions de plusieurs variables au moyen des fonctions polyharmoniques d'ordres croissants.* Note (*) de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note étend aux fonctions de p variables une méthode d'étude donnée par S. Bernstein [1] dans le cas où $p = 1$ (approximation d'une fonction par des polynomes). Pour la comparaison, on remarquera qu'une fonction U n-harmonique (solution de l'équation $\Delta^{(n)} U = 0$) se réduit pour $p = 1$ à un polynome de degré $2n - 1$. L'espace des p variables complexes $z_k = x_k + iy_k$ sera désigné par $C^p = R^p \times R'^p$, où $R^p(x_k)$ et $R'^p(y_k)$ sont les espaces à p dimensions réelles; m dans R^p, m' dans R'^p sont les projections d'un point M de C^p.

I. Nous appellerons *cellule d'harmonicité associée au domaine* D de R^p le plus grand domaine H(D) de C^p qui contient D, et dans lequel ne pénètre aucun des cônes de sommet $Q(\zeta_k)$ variable sur la frontière F de D, définis par $r^2(M, Q) = \sum_1^p (z_k - \zeta_k)^2 = 0$. Une fonction polyharmonique dans D est holomorphe dans H(D).

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) *Leçons sur les propriétés extrémales et la meilleure approximation des fonctions analytiques d'une variable réelle*, Paris, 1926, p. 163.

On obtient une construction simple de H(D) dans $C^p = R^p \times R'^p$ en associant à tout point m de D le domaine $D'(m)$ de R'^p dont la frontière résulte de F par la transformation apsidale T_m de centre m, suivie de la translation qui reporte m à l'origine O' de R'^p. Cette construction simple de la cellule d'harmonicité montre que $D_1 \subset D_2$, entraîne $H(D_1) \subset H(D_2)$ et fournit aussi une borne du diamètre de H(D) dans C^p connaissant celui de D dans R^p.

II. Le théorème suivant peut être rapproché d'un théorème de S. Bernstein relatif aux polynomes bornés sur un segment de l'axe réel.

THÉORÈME 1. — *Soient* K *un compact pris à l'intérieur de la cellule d'harmonicité* H(D), U_n *une fonction n-harmonique dans* D *satisfaisant à*

(1) $$|U_n(m)| \leqq A, \qquad D\, m \in.$$

Il existe un nombre positif τ *ne dépendant que de la position de* K *dans la cellule* H(D) *et tel qu'on ait pour toutes les fonctions polyharmoniques satisfaisant à* (1), *et quel que soit n :*

$$|U_n(M)| \leqq A(1+\tau)^{2n-2}\left(n+\frac{p}{2}\right)^p \alpha_p(K)\log n,$$

pour $M \in K$. Le coefficient $\alpha_p(K)$ dépend seulement du nombre de dimensions p et de la position de K dans H(D); pour les applications, il est à noter que le nombre $\tau(K)$ tend vers zéro en même temps que le diamètre de K pour des compacts pris dans un domaine fixe intérieur à H(D).

Soit D_α l'ensemble des points de D à distance au moins égale à α de la frontière de D. Le théorème 1 entraîne (²) :

Si une fonction $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p)$ *est dérivable dans* D *jusqu'à l'ordre* $2n$ *compris, et y satisfait à* $|f| \leqq m_0$ *et* $|\Delta^{(n)} f| \leqq m_n$, *toute dérivée partielle de* f, *d'ordre total* $k \leqq 2n-1$ *est bornée, sur* D_α, *en valeur absolue, par un nombre qui ne dépend que de* D, α, m_0, m_n.

En particulier, la classe des fonctions indéfiniment dérivables satisfaisant, pour tout n entier, à $|\Delta^{(n)} f| \leqq m_n$ sur D, a ses dérivées de tous ordres majorées sur D_α en fonction de la suite m_n.

III. Le théorème 1 conduit à une définition de classes quasi analytiques de fonctions dans un domaine quelconque de R^p, selon le procédé de S. Bernstein : n_k étant une suite d'entiers, ρ un nombre positif inférieur à 1, on dira que $f(m)$ appartient à la classe $\{n_k, \rho\}$ si tout point de D est intérieur à un domaine $\delta^{(i)}$ dans lequel est définie une suite $U_k^{(i)}$ de fonctions polyharmoniques, $U_k^{(i)}$ étant n_k-harmonique et telle que

$$|f - U_k^{(i)}| \leqq A\rho^{n_k} \quad \text{dans} \quad \delta^{(i)},$$

La classe $\{n_0 k, \rho\}$ est analytique dans D. Plus généralement, on a :

(²) Pour $p=2$, $n=1$, *cf.* T. CARLEMAN, *Les fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926, p. 13.

THÉORÈME 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour que $f(m)$ soit analytique dans* D *est qu'il existe une suite d'entiers n_k et de nombres $\rho_k (0 \leq \rho_k < 1)$ avec*

$$\limsup (\rho_k)^{\frac{n_{k-1}}{n_k}} \leq 1 - \alpha < 1,$$

tout point m de D *ayant un voisinage $\omega^{(i)}$ dans lequel est définie une suite $U_k^{(i)}(m)$, $U_k^{(i)}$ étant n_k-harmonique, qui satisfait à*

$$|f - U_k^{(i)}| \leq A \rho_k^{n_k}.$$

Le théorème 2 donne une précision sur le domaine d'holomorphie de f : par exemple, si chaque point m de D est centre d'une sphère de rayon a contenue dans $\omega^{(i)}$, f est holomorphe dans le domaine balayé par les sphères S^{2p} de R^{2p} centrées sur D, de rayon $a(k\sqrt{2})^{-1}$, dès que $k > 2$ est assez grand pour qu'on ait $(k-2)(5k)^{-1} > 1 - \alpha$.

Dans le cas général, $\{n_k, \rho\}$ est une classe quasi analytique dans D au sens suivant :

THÉORÈME 3. — *Si f et g appartiennent à la classe $\{n_k, \rho\}$ dans* D *et coïncident sur un ensemble ouvert intérieur à* D, *f est identique à g dans* D.

L'ensemble E de détermination d'une fonction de la classe peut être précisé : le théorème 1 montre en effet que si l'on associe aux fonctions polyharmoniques $U_n(m)$ bornées supérieurement en module dans D les fonctions

$$\varphi(M) = \frac{1}{n} \log |U_n(M)|,$$

définies dans H(D), celles-ci y forment une famille de fonctions pluri-sous-harmoniques [3] bornées supérieurement. On en déduit que :

Pour que E *soit un ensemble de détermination pour les fonctions de la classe $\{n_k, \rho\}$, il suffit qu'il possède par rapport aux fonctions $\varphi(m)$ pluri-sous-harmoniques définies dans un voisinage de* E *la propriété suivante* : si $\alpha = \max_{m \in E} \varphi(m)$, l'inégalité $\varphi(m) < \alpha + \varepsilon$ définit pour tout ε positif un ensemble ouvert [4].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un critère de normalité pour les familles de fonctions algébroïdes.* Note de M. **JEAN COMBES**, présentée par M. Paul Montel.

L'objet de cette Note est d'appliquer la méthode des familles normales à l'étude des valeurs prises par les algébroïdes entières et d'étendre ainsi les

(3) *Cf.* P. LELONG, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 62, 1945, p. 301.

(4) Pour $p = 1$ on retrouve les ensembles de capacité positive sur la droite. *Cf.* P. LELONG, *Comptes rendus*, 224, 1947, 883.

résultats déjà obtenus pour les algébroïdes de la forme

$$u = \sqrt[m]{E(z)} \quad (^1).$$

La méthode employée ne s'appliquera qu'aux algébroïdes dont *la surface de Riemann* satisfait à certaines conditions.

Nous considérerons des suites de fonctions qui, non seulement convergent vers une fonction limite, mais encore dont les surfaces de Riemann tendent vers une surface limite.

Pour définir la convergence de fonctions à m déterminations, on peut, soit employer les coefficients des équations qui les définissent, soit opérer directement comme suit.

DÉFINITION. — *Étant donnés deux systèmes de m nombres complexes,* $v(v_1, v_2, \ldots, v_m)$ *et* $w(w_1, w_2, \ldots, w_m)$, *l'ordre des* v_i *ou* w_j *n'important pas, on appelle distance de ces systèmes*

$$(v, w) = \Sigma \, | v_i - w_j |,$$

les indices i étant associés aux indices j de manière à donner au second membre sa valeur minimum.

On vérifie que (v, w) est bien une distance, et l'on peut définir pour des fonctions à m branches la continuité, l'égale et l'uniforme continuité, la convergence....

Pour des algébroïdes méromorphes on prendrait sur la sphère de Riemann des distances cordales $|v_i - w_j|$.

THÉORÈME. — *Les algébroïdes à m branches, méromorphes dans un domaine* D *borné, n'y prenant pas trois valeurs a, b et c, et dont les points de ramification sont à une distance supérieure à* $d > 0$, *forment une famille normale.*

De toute suite infinie, on peut extraire une suite de fonctions dont les surfaces de Riemann tendent vers une surface limite, et qui tendent uniformément vers une algébroïde, uniforme sur la surface limite.

Par extractions successives, on assure d'abord la convergence des surfaces de Riemann, puis on fait une étude locale.

Remarque. — Si pour chaque surface de Riemann les m feuillets communiquent *à l'intérieur de* D (en ne tenant compte que des points de ramification situés à une distance supérieure à $d' > 0$ de la frontière), il en sera de même pour la surface limite.

Dans ce cas, les m branches de la fonction limite seront bornées, ou seront la constante infinie.

Application. — THÉORÈME : *Soit* $u = f(z)$ *une algébroïde entière dont la surface de Riemann a la propriété suivante : il existe une infinité de couronnes* $C_n(R_n, \sigma R_n)$ $(\sigma > 1)$ $(R_n \to \infty)$ *où les points de ramification sont à une*

---

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 379-381.

distance supérieure à $\delta R_n (\delta > 0)$ et où les m feuillets communiquent intérieurement (en ne tenant compte que des points de ramification situés à une distance supérieure à $\delta' R_n (\delta' > 0)$ de la frontière).

Dans ces conditions, $f(z)$ admet au plus une valeur exceptionnelle finie.

On ramène par homothétie à une couronne unique et l'on applique le théorème précédent.

Remarque. — Les cas de zéro ou d'une valeur exceptionnelle peuvent effectivement se présenter.

Zéro valeur : on prendra $u = \sqrt{E(z)}$, où $E(z)$ est une fonction entière sans valeur exceptionnelle dont les zéros vérifient la propriété de l'énoncé.

Une valeur : Myrberg a montré (²) l'existence de fonctions entières A et B vérifiant $A^2 - B^2 E = D$, E et D étant des fonctions entières données, E à coefficients et zéros réels. On prendra $u = A + B\sqrt{E}$, avec $D = 1$, les zéros de E vérifiant les conditions de l'énoncé.

Cercles de remplissage. — Dans les hypothèses du théorème précédent la famille des fonctions qu'on doit étudier dans C_1 peut-elle être normale ?

Voici deux cas où il ne peut en être ainsi :

1° il y a une valeur exceptionnelle a [on utilise $v = 1/(u - a)$];

2° l'ensemble des couronnes C_n recouvre tout le plan z [dans ce cas $u = f(z)$ tendrait uniformément vers l'infini avec z, ce qui est impossible].

Dans ces deux cas, il existe donc des cercles de remplissage, vus de l'origine sous le même angle arbitrairement petit, où u prend toute valeur, sauf une au plus. Il existe par suite des directions de Julia.

Algébroïdes méromorphes. — Avec les hypothèses du théorème, il existe au plus deux valeurs exceptionnelles finies.

S'il y en a deux, ou bien s'il y en a une et si l'ensemble des couronnes C_n recouvre tout le plan z, il existe des cercles de remplissage et des directions de Julia.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la précision des solutions approchées d'un système d'équations linéaires.* Note (*) de M. **Louis Couffignal**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. La solution d'un système d'équations linéaires

$$\sum_i a_i^j x_i + b_j = 0 \qquad (1)$$

(²) P. J. Myrberg, *Acta Mathematica*, 76, 3-4, 1945, p. 223.

(*) Séance du 28 juin 1948.

peut s'écrire

$$x_i = \sum_j \alpha_j^i b_j, \tag{2}$$

α_i^j étant l'élément correspondant à a_i^j dans le conjugué réciproque du déterminant $|a_i^j|$ (¹).

2. Quand on connaît seulement des valeurs approchées des nombres a et b, le système effectivement résolu est

$$\sum_i (a_i^j + \Delta a_i^j) x_i + (b_j + \Delta b_j) = 0, \tag{3}$$

les solutions obtenues ξ_i sont des valeurs approchées des x_i : $\xi_i = x_i + \Delta x_i$, et, par suite des chiffres négligés dans l'exécution des calculs, la substitution des ξ_i aux x_i dans l'équation (3) donne un résidu

$$r_j = \sum_i (a_i^j + \Delta a_i^j)\xi_i + (b_j + \Delta b_j). \tag{4}$$

Ces mêmes racines approchées donnent dans l'équation (1) un résidu

$$R_j = \Sigma a_i^j \xi_i + b_j. \tag{5}$$

De (4) et (5), il résulte

$$R_j = -\sum_i \xi_i \Delta a_i^j - \Delta b_j + r_j. \tag{6}$$

De (3) et (4), il résulte

$$\Sigma (a_i^j + \Delta a_i^j) \Delta x_i - r_j = 0\,; \tag{7}$$

on peut déterminer les Δx_i comme solutions de l'équation effectivement donnée (3), où les constantes sont remplacées par les opposés des résidus. Les solutions ξ_i diminuées des corrections $\Delta\xi_i$ ainsi calculées deviennent de nouvelles solutions approchées ξ_i', qui donnent dans les équations (3) et (1) des résidus r_j' et R_j'. D'après la relation (2) et la forme linéaire des équations, $r_j'/r_j \sim r_j/b_j$. Par suite, si l'on itère la correction précédente, en utilisant un nombre de figures suffisamment élevé, on atteint des résidus r_j négligeables par rapport aux R_j correspondants.

Or, si l'on connaissait la valeur des R_j, le raisonnement précédent montre qu'il y aurait lieu d'appliquer à ξ_i une correction

$$\Delta x_i = -\sum_j \alpha_j^i R_j. \tag{8}$$

Dans l'ignorance des R_j, les Δx_i évaluent l'erreur commise sur les racines. Leur

---

(¹) Pour le calcul des α, *voir* : L. Couffignal, *Rev. Scientif.*, 3244.

expression étant linéaire en R_j, qui sont eux-mêmes linéaires en Δb_j et r_j, *l'erreur provenant de l'exécution des calculs,* $\sum_j \alpha_j^i r_j$, *est négligeable dès que les résidus* r_j *sont négligeables devant les erreurs des constantes* b_j.

3. Désignons, dans ce qui suit, par α_j^i les coefficients relatifs à l'équation réelle (3), et non plus à l'équation (1), et par ξ_i et r_j les solutions et les résidus obtenus après les calculs qui rendent négligeable l'erreur due aux calculs. Nous avons, d'après (6) et (8)

$$(9)\qquad \Delta x_i = \sum_\lambda \sum_\mu \xi_\lambda \alpha_\mu^i \Delta a_\lambda^\mu + \sum_\mu \alpha_\mu^i \Delta b_\mu - \sum_\mu \alpha_\mu^i r_\mu.$$

Cette formule met en évidence le résultat suivant :

Si dans un système d'équations linéaires $\sum_i a_j x_i + b_j = 0$, *le coefficient* a_λ^μ *varie de* Δa_λ^μ, *la racine* x_i *varie de* $\xi_\lambda \alpha_\mu^i \Delta a_\lambda^\mu$, *et si la constante* b_μ *varie de* Δb_μ, *la racine* x_i *varie de* $\alpha_i^\mu \Delta b_\mu$, *les* ξ *étant les valeurs des racines, et les* α_j^i *les éléments correspondant aux* a_i^j *dans le conjugué réciproque du déterminant* $|a_i^j|$.

Si l'on suppose nulles les erreurs dues aux calculs, les ξ_λ sont remplacés par les valeurs exactes des racines x_λ, et les α_j^i sont ceux de l'équation (1) : l'équation (9) exprime alors la variation de la racine x_i

$$(10)\qquad \delta x_i = \sum_\lambda \sum_\mu x_\lambda \alpha_\mu^i \delta a_\lambda^\mu + \sum_\mu \alpha_\mu^i \delta b_\mu.$$

4. Si l'on connaît seulement une limite supérieure des erreurs Δa_i^j et Δb_j, les signes de ces nombres, tous indépendants, peuvent être tels que tous les termes de la somme au second membre de (9) soient positifs. Donc :

Si les données a_i^j *et* b_j *admettent des marges* $\mathfrak{M} a_i^j$ *et* $\mathfrak{M} b_j$, *les racines ont pour marges les nombres*

$$(10)\qquad \mathfrak{M} x_i = \sum_\lambda \sum_\mu |\xi_\lambda|\,|\alpha_\mu^i|\,\mathfrak{M} a_\lambda^\mu + \sum_\mu |\alpha_\mu^i|\,\mathfrak{M} b_\mu,$$

les erreurs des calculs étant rendues négligeables.

Ces marges sont les plus petites que l'on puisse définir.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie intégrale du contour gauche.*

Note (*) de M. **Gustave Guillaumin**, présentée par M. Élie Cartan.

Une Note récente et substantielle de M. Eugène Cotton [1] m'engage à donner quelques indications sur un ouvrage actuellement à l'impression, écrit

(*) Séance du 28 juin 1948.

[1] *Comptes rendus,* **226**, 1948, p. 171.

en collaboration avec M. André Bloch, et intitulé *La géométrie intégrale du contour gauche*; cet ouvrage traite d'un certain nombre de questions analogues à celle abordée aux trois premiers paragraphes de la Note précitée.

Le point de départ de la géométrie intégrale du contour gauche est l'étude des intégrales du type

$$\int x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} x_3^{\alpha_3} \lambda^i dx_i \quad (i = 1, 2, 3),$$

où les α sont des entiers positifs ou nuls, les λ des constantes, l'intégrale étant étendue au contour. En approfondissant cette notion originelle, les auteurs se sont vite aperçus qu'elle était essentiellement dépendante de la géométrie tensorielle, les intégrales du type ci-dessus étant les composantes de *tenseurs caractéristiques* des divers ordres de multiplicité attachés au contour.

Cette géométrie tensorielle peut d'ailleurs être développée, et l'a été effectivement, soit au point de vue de l'affinité, soit dans le cadre de la géométrie métrique; elle s'est révélée, en maint endroit, comme liée à la géométrie des gerbes, des congruences et des complexes de droites. Elle a conduit également, en se plaçant sur un terrain peut-être plus élémentaire mais fort intéressant, à l'étude des volumes coniques et conoïdaux (point de vue affine) et à l'étude des volumes engendrés dans des mouvements généraux ou particuliers (point de vue métrique). Cette dernière question forme la matière d'un chapitre de l'ouvrage, assez longuement développé, qui est comme un hommage à la mémoire de G. Kœnigs, fondateur, après Pappus et Guldin, de cette partie de la théorie.

Le premier tenseur caractéristique est ce que Kœnigs appelait axe aérolaire et pour lequel nous avons adopté le nom de *vecteur-aire*; c'est, en réalité, un être géométrique de nature bivectorielle, qui n'est réductible à un vecteur (axial) que parce qu'on se place dans l'espace à 3 dimensions. Le vecteur-aire a deux définitions géométriques. Il est d'abord le moment du système de vecteurs formé par le contour lui-même, censé orienté. Il est aussi la résultante générale de ce que nous avons appelé le *système vectoriel cinétique*, constitué par l'ensemble des pressions hydrostatiques unitaires appliquées à une portion de surface bilatère s'appuyant au contour. L'idée de ce système, due à M. Hadamard, s'est montrée très féconde et a joué un rôle essentiel dans le mode d'exposition que nous avons adopté en ce qui concerne la théorie de Kœnigs dont il vient d'être question. On peut d'ailleurs trouver, pour le vecteur-aire, diverses représentations mécaniques et physiques dignes de retenir l'attention. Les contours d'aire nulle, c'est-à-dire dont le vecteur-aire est nul, jouissent de propriétés curieuses qui ont été énoncées et étudiées.

Le second tenseur caractéristique du contour gauche, nommé par nous *tenseur de gravité*, est en quelque sorte le support des propriétés de la congruence de gravité attachée au contour, notion de nature affine introduite par l'un de nous dès 1941, et étudiée avec quelque détail dans notre ouvrage.

En géométrie métrique, le tenseur de gravité est réductible à un tenseur du second ordre de multiplicité; sa partie antisymétrique est le moment résultant du système vectoriel cinétique; quant à sa partie symétrique, que nous appelons *tenseur orthaloïde*, son étude géométrique et analytique nous a conduits à nous occuper de la géométrie de certaines surfaces algébriques.

On a eu incidemment à considérer également un certain bivecteur glissant, attaché à la surface décrite par le contour dans un mouvement quelconque (et non plus au volume décrit).

Dans une prochaine Note, je parlerai des généralisations tentées dans diverses directions.

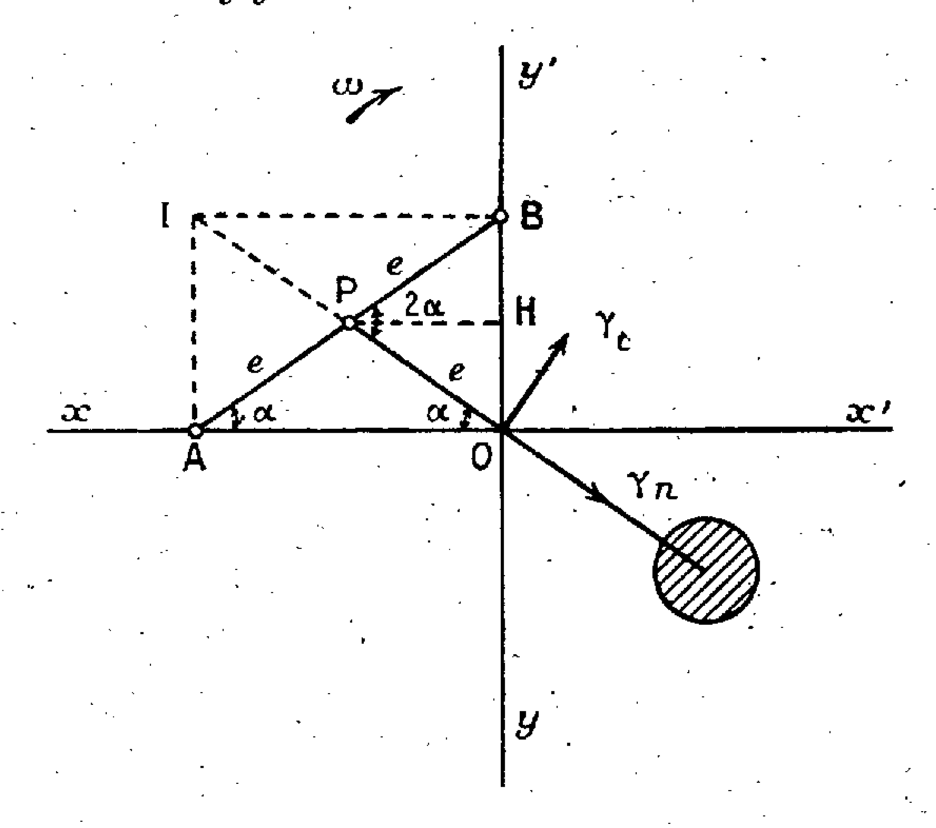
MÉCANIQUE. — *Un transformateur de mouvement à équilibrage intégral.* Note (*) de M. **René Devillers**, présentée par M. Albert Caquot.

M. Sinisterra a conçu et réalisé un mode de transformation de mouvements alternatifs en rotation ou vice versa, avec équilibrage total des forces et couple d'inertie.

L'arbre moteur O entraîne à la vitesse angulaire ω un maneton OP articulé en P au milieu d'une barre AB guidée suivant xx' et yy' par deux glissières en croix, dont l'une est dédoublée pour éviter leur croisement. On a

$$AP = BP = OP = e.$$

Les pistons de moteurs, pompes ou compresseurs, au nombre d'un à quatre, se déplacent suivant xx' et yy' avec leurs bielles articulées en A et B.



La barre AB, de masse m, tourne en sens rétrograde aux vitesses absolue ω et relative 2ω.

(*) Séance du 14 juin 1948.

Son centre de gravité G est à a et b de A et B, et son moment d'inertie est mk^2 par rapport à un axe transversal passant par G.

Elle équivaut à deux masses ponctuelles en A et B, ajoutées aux masses alternatives, ayant même centre de gravité et même masse totale que la barre, avec un couple d'inertie correctif $\Phi_i = -m(ab - k^2)(d\omega/dt)$, nul en rotation uniforme. Généralement $a = b = e$.

Les mouvements alternatifs, harmoniques simples de courses $4e$, sont les projections de celui du centre instantané I parcourant à la vitesse ω un cercle de centre O et de rayon $2e$.

Leurs accélérations ont donc même résultante que les accélérations centripète $\gamma_n = 2e\omega^2$ et tangentielle $\gamma_t = 2e(d\omega/dt)$ du point I, cette dernière étant transportée en O.

Si les masses alternatives sont de même valeur M ou égalisées par une masse ajoutée en A ou B, on les équilibre par un contrepoids de moment $2Me$ dans le prolongement du maneton. Une surcharge du contrepoids compensera enfin le maneton.

Il ne subsiste alors qu'un couple en $d\omega/dt$ dû aux masses tournantes et à la barre, sans résultante, du fait de la force d'inertie $-M\gamma_t$ appliquée en O qui forme un couple avec celle du contrepoids correspondant.

On a ainsi un cas digne de remarque d'équilibrage parfait, même avec monocylindre.

La course étant $4e$, encombrement et poids sont réduits, avec une grande diversité d'applications. Les cylindres peuvent être à double effet et permettre un deux-temps à balayage par l'air, avec une pompe d'alimentation par deux cylindres moteurs.

Les réactions latérales des pistons sont reportées sur les glissières qui, avec un léger jeu, ne travaillent qu'alternativement, si les cylindres sont, par exemple, suivant xx'.

Les forces d'inertie se transmettant sans réactions latérales, pour une poussée des gaz F, lorsque l'angle de rotation α est entre 0 et 45° ou entre 135 et 180°, la réaction $F\,\mathrm{tg}\,\alpha$ est prise en A comme par une bielle. Elle passe ensuite en B en gardant la valeur F, transmise par la barre AB formant levier autour de P.

Le couple moteur est $2F \times \overline{OH}$, H étant la projection de P sur yy'.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la dynamique du point matériel de masse variable.* Note de M. **Giovanni Lampariello**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Lorsque la masse d'un corps (point matériel) en mouvement varie à cause du détachement ou de l'adjonction de corpuscules, l'équation dynamique fondamentale est, d'après Levi-Civita,

$$\frac{d}{dt}(m\overline{V}) - \frac{dm}{dt}\overline{v} = \overline{\mathcal{F}}, \tag{1}$$

où $\overline{v}$ est la vitesse du centre des masses des corpuscules, $\overline{V}$ est la vitesse du point P, m et $\overline{\mathcal{F}}$ la force agissant sur P. Si l'on remarque qu'au premier membre de (1) figure la différence entre la quantité de mouvement $(m+dm)(\overline{V}+\overline{dV})-\overline{v}dm$ du point P à l'instant $t+dt$ et la quantité de mouvement $\overline{mV}$ à l'instant t, on voit bien que (1) est la traduction fidèle de la fameuse loi de Newton : *Mutationem motus* (variation de la quantité de mouvement) *proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

2. Je me propose de développer ici une application de (1) au problème de la fusée qui a été étudié par plusieurs auteurs [1].

Il est bien connu que la propulsion de la fusée est réalisée par l'expulsion d'un gaz dont la vitesse de décharge $\overline{v}$ est supposée constante (en module). Je suppose aussi que la masse m de la fusée soit une fonction linéaire du temps $m=m_0-\mu t$. En désignant par O le centre de la Terre et en négligeant les forces d'inertie dues à la rotation terrestre, on a l'équation

$$\frac{d}{d\tau}\left(\tau\frac{\overline{dP}}{d\tau}\right)+\overline{v}=-\frac{K\tau}{r^3}\overline{OP},$$

où K est le produit de la constante de gravitation f par la masse M de la Terre, et où la variable indépendante $\tau=m/\mu$ est liée à t par la relation $\tau=\tau_0-t$.

Il est évident que les mouvements de P ont lieu dans les plans passant par O. Si le moment en O de la vitesse initiale $\overline{V}_0$ est nul, le mouvement est rectiligne.

3. Je vais fixer les idées sur ce cas particulier en supposant de plus $\overline{V}_0=0$, et je prends la droite du mouvement pour axe des x. Le problème est de caractériser la solution $x(\tau)$ de l'équation (E)

$$\frac{d}{d\tau}\left(\tau\frac{dx}{d\tau}\right)=v-\frac{K\tau}{x^2},$$

telle que $x(\tau_0)=x_0=R$, rayon de la Terre, $(dx/d\tau)_0=0$.

En désignant par $f(\tau, x)$ le second membre de (E), on peut intégrer cette équation par la méthode d'itération de Picard. On a

$$x_n=R+\int_{\tau_0}^{\tau}\frac{d\tau}{\tau}\int_{\tau_0}^{\tau}f(\tau, x_{n-1})\,d\tau,$$

et la solution cherchée est représentée par la série

$$x(\tau)=R+\sum_{1}^{\infty}{}_n(x_n-x_{n-1}),$$

qui est uniformément convergente dans un intervalle $(0, h)$ de variation de t.

---

[1] Notamment ROBERT GENTY, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1510 et 1797.

Pour $n=1$, en remarquant que le rapport K/R^2 est l'accélération gravitationnelle g, on a

$$V=\frac{\beta}{\tau_0-t}t\left[t-\left(\tau_0-\frac{\alpha}{\beta}\right)\right],$$

$$x_1(t)=R-\alpha t-\frac{1}{2}\beta t^2-\alpha\tau_0\log\frac{\tau_0-t}{\tau_0}=R+\frac{1}{2}\left(\frac{v}{\tau_0}-g\right)t^2+\frac{\alpha}{3\tau_0^2}t^3+\ldots,$$

ayant posé $\alpha=v-(1/2)g\tau_0$, $\beta=(1/2)g$.

La condition initiale de décharge du gaz est évidemment $\mu v>m_0 g$, c'est-à-dire $(v/\tau_0)-g>0$. On a alors $\tau_0-(\alpha/\beta)<0$, et l'on déduit que la vitesse V est toujours positive pour $0<t<\tau_0$; donc la fonction $x_1(t)$ croît constamment de la valeur zéro pour $t=0$ à la valeur infinie pour $t\to\tau_0$.

Il n'y a pas de difficulté à calculer par des séries les fonctions successives x_2, x_3, etc. L'expression $x_1(t)$ suffit pour des valeurs de t suffisamment petites.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur une nouvelle méthode de détermination de la dissipation d'énergie par frottement interne dans les corps solides.* Note (*) de M. **Paul Le Rolland**, présentée par M. Albert Caquot.

Mécaniciens et métallurgistes sont aujourd'hui d'accord pour reconnaître l'importance du rôle joué par une propriété, d'ailleurs encore mal connue, des matériaux solides : leur frottement interne (ou hystérésis mécanique), dans de nombreux domaines : phénomènes de résonance, fatigue des métaux, pertes diélectriques, anomalies de structure, etc.

Cette propriété est mise en évidence de façon directe par l'amortissement des oscillations. D'où la notion de *capacité d'amortissement* et celle, plus précise, de *perte spécifique d'énergie* dont la définition est intuitive et simple : c'est le rapport $k=\Delta W/W$ de l'énergie dissipée par cycle de déformation, à l'énergie potentielle maxima mise en jeu dans ce cycle.

Depuis Coulomb, c'est surtout l'observation de décroissance des oscillations de torsion qui est utilisée pour la détermination de la dissipation d'énergie par le frottement intérieur. Mais cette méthode, qui fait intervenir les vibrations propres, est nécessairement limitée à l'étude de fils ou de tiges peu rigides (micropendule de torsion de Chévenard par exemple).

L'utilisation des vibrations forcées donne de plus grandes possibilités et est beaucoup plus souple. Imaginons que le corps élastique à étudier soit mis en relation avec deux systèmes oscillants identiques, de période T. Ce sera, par exemple, une tige cylindrique encastrée à la partie inférieure et portant à l'autre extrémité une plate-forme servant de support commun à deux pendules de gravité.

Lançons ces deux pendules exactement en sens contraire et sous la même

(*) Séance du 28 juin 1948.

amplitude : ils restent en opposition de phase, et comme la tige n'a aucun mouvement, le décrément commun δ_1 de leur oscillation n'est dû qu'à leur amortissement propre (résistance de l'air et frottement du couteau sur le support).

Si maintenant nous mettons les pendules en mouvement dans le même sens et sous la même amplitude, ils sont constamment en accord de phase et la tige effectue des oscillations forcées de flexion : le frottement intérieur intervient alors pour dissiper une partie de l'énergie des pendules, et à leur amortissement propre vient s'ajouter celui qui est dû à cette dissipation.

Soit δ_2 le nouveau décrément observé; il est clair que la différence $\delta = \delta_1 - \delta_2$ représente la variation relative d'amplitude d'une oscillation à l'autre, sous le seul effet du frottement interne de la tige. La détermination de δ permet d'atteindre immédiatement k, *perte spécifique d'énergie*. En effet la variation relative d'énergie de l'un des pendules $\Delta W'/W'$ due au frottement interne, est égale à 2δ, et l'on peut écrire

$$k = \frac{\Delta W}{W} = 2\frac{\Delta W'}{W'} = 4\delta\frac{W'}{W}.$$

Mais le rapport W'/W de l'énergie d'un des pendules à l'énergie élastique de la tige dépend évidemment de la rigidité de flexion de cette dernière. Or, nous avons montré dans une Note précédente [1], que la durée τ des battements entre les deux pendules, lorsque l'un d'eux partant du repos est mis en mouvement par le lancement de l'autre, est en rapport direct avec cette rigidité, et par suite avec le rapport W'/W.

Un calcul très simple conduit au résultat suivant :

$$\frac{W'}{W} = \frac{1}{4}\frac{\tau}{T} = N,$$

N étant le nombre d'oscillations des pendules entre deux arrêts successifs de l'un d'eux. Finalement :

$$k = \delta N = (\delta_1 - \delta_2)N.$$

Cette relation peut d'ailleurs se justifier immédiatement à l'aide des deux remarques suivantes : d'une part, dans l'expérience des battements, toute l'énergie W' de l'un des pendules est transférée à l'autre dans le temps $\tau/2$ à raison de la quantité $2W_1$ par période T; d'autre part, l'énergie potentielle maxima W_1, de la tige dans cette même expérience, est pour la même amplitude de lancement, 4 fois plus petite que l'énergie W' prise par la tige dans l'expérience où les pendules sont au synchronisme.

La détermination de k nécessite donc 3 observations :

1° celle du décrément δ_1 de l'un des pendules quand ils sont lancés en opposition de phase;

---

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 336.

2° celle du décrément δ_2 de l'un des pendules quand ils sont lancés en phase;
3° celle du nombre N d'oscillations qui sépare deux arrêts successifs d'un des pendules quand on lance l'un d'eux alors que l'autre est au repos.

On peut se demander s'il est bien indispensable d'utiliser deux pendules. En effet, en immobilisant la tige on peut obtenir δ_1 et en la libérant on peut obtenir δ_2 avec un seul pendule. Mais la connaissance de la rigidité reste nécessaire, et la méthode à la fois la plus précise et la plus rapide pour la déterminer est certainement celle des pendules couplés.

De nombreux essais, effectués dans les conditions expérimentales les plus variées, nous ont montré que δ variait en sens inverse de N pour des tiges de même nature et de dimensions quelconques. C'est, du moins dans le domaine des périodes utilisées (de 0,2 à 5 secondes), la démonstration de l'existence d'une *perte spécifique d'énergie* caractéristique de la matière et indépendante de la vitesse de parcours de cycles de déformation.

La méthode que nous venons de décrire est applicable, et c'est là son avantage principal, à tous les matériaux, pris sous forme de fils, de tiges, de barres ou de plaques. Elle est tout à fait générale et peut être utilisée à la détermination des jeux, des frottements anormaux, de toute cause de dissipation d'énergie dans un ouvrage quelconque.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les formes bilinéaires du champ de Maxwell.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations de Maxwell décrivant la variation des champs électrique et magnétique E et H dans le vide peuvent être écrites sous une forme opératorielle ([1], [2]). Cette forme opératorielle permet d'étudier quelques propriétés du champ de Maxwell, lorsqu'on tient compte des solutions complexes des équations et de la propriété simple des composantes du champ de se transformer comme celles d'un tenseur antisymétrique $\Phi = (i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ de l'espace à 4 dimensions.

En utilisant pour $\Phi = (i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ les notations d'un espace à 2×3 dimensions nous introduisons les opérateurs de l'espace à 3 dimensions

$$(1)\qquad \sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & +i & 0 \end{pmatrix}, \qquad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & 0 & +i \\ 0 & 0 & 0 \\ -i & 0 & 0 \end{pmatrix}, \qquad \sigma_z = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ +i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

avec les relations connues ([2]), ([3])

$$\sigma_x^3 = \sigma_x, \qquad \sigma_x\sigma_y^2 + \sigma_y^2\sigma_x = \sigma_x, \qquad \sigma_x\sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_y\sigma_x = 0, \qquad \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_x = i\sigma_z, \qquad \text{etc.},$$

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) C. G. Darwin, *Proc. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 36.

([2]) G. Petiau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1710.

([3]) W. Heitler, *Proc. Roy. Irish Ac.*, A, 49, 1943, p. 1.

et les opérateurs de l'espace à 2 dimensions

$$\varepsilon=\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \qquad \alpha=\begin{pmatrix} 0 & -i \\ +i & 0 \end{pmatrix}, \qquad \eta=\begin{pmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

avec les relations $\varepsilon^2=1$, $\alpha\eta=-\eta\alpha=i\varepsilon$, etc. Les opérateurs de l'espace à 2×3 dimensions résultent de la composition des matrices (1) et (2), et dans ce qui suit, σ_x, σ_y, σ_z, ε, α, η sont considérés comme résultant de (1) et (2) par composition avec la matrice unité des espaces à 2 et à 3 dimensions.

Les équations d'évolution de Maxwell

$$\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t}=c\,\mathrm{rot}\,\mathrm{H}, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t}=-c\,\mathrm{rot}\,\mathrm{E} \tag{3}$$

s'écrivent sous la forme

$$i\frac{\partial}{\partial t}\Phi=c\,\mathrm{rot}\,\varepsilon\Phi=c\frac{1}{i}\left(\frac{\partial}{\partial x}\sigma_x\varepsilon+\frac{\partial}{\partial y}\sigma_y\varepsilon+\frac{\partial}{\partial z}\sigma_z\varepsilon\right)\Phi. \tag{3a}$$

Les composantes de Φ doivent satisfaire aux équations de condition

$$\mathrm{div}\,\mathrm{E}=\mathrm{div}\,\mathrm{H}=0. \tag{3b}$$

Les expressions bilinéaires indépendantes en Φ^*, Φ du champ de Maxwell sont données dans le tableau suivant :

(4a)	$\Phi^*\Phi$	(5a)	$\Phi^*\varepsilon\Phi$
(4b)	$\Phi^*\sigma_x\varepsilon\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\varepsilon\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\varepsilon\Phi$	(5b)	$\Phi^*\sigma_x\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\Phi$
(4c)	$\Phi^*(2\sigma_x^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y+\sigma_y\sigma_x)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z+\sigma_z\sigma_y)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x+\sigma_x\sigma_z)\Phi$	(5c)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\varepsilon+\sigma_y\sigma_x\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\varepsilon+\sigma_z\sigma_y\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\varepsilon+\sigma_x\sigma_z\varepsilon)\Phi$
(6)	$\Phi^*\eta\Phi$	(7)	$\Phi^*\alpha\Phi$
(8a)	$\Phi^*\sigma_x\eta\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\eta\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\eta\Phi$	(8b)	$\Phi^*\sigma_x\alpha\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\alpha\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\alpha\Phi$
(9a)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\eta+\sigma_y\sigma_x\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\eta+\sigma_z\sigma_y\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\eta+\sigma_x\sigma_z\eta)\Phi$	(9b)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\alpha+\sigma_y\sigma_x\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\alpha+\sigma_z\sigma_y\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\alpha+\sigma_x\sigma_z\alpha)\Phi$

On a les relations

$$(4d)\qquad \frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\Phi = -c\,\mathrm{div}\,\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi,\qquad \frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi = -c\,\mathrm{div}\,\Phi^*\mathrm{T}\Phi,$$

$$(5d)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\varepsilon\Phi = -\mathrm{div}\,\Phi^*\sigma\Phi,\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\sigma\Phi = -\mathrm{div}\,\Phi^*\mathrm{T}\varepsilon\Phi.$$

Les expressions (4) correspondent aux composantes du tenseur énergie-quantité du mouvement dans le cas des fonctions réelles, (4 *a*) à la densité d'énergie, (4*b*) au vecteur de Pointing, $\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi = [E^*, H] + [E, H^*]$, (4*c*) au tenseur maxwellien. Dans (4*d*) nous avons écrit symboliquement σ pour les opérateurs de (4*b*) et T pour les opérateurs du tenseur symétrique (4*c*).

Par rapport aux rotations de l'espace à 3 dimensions (5*a*) est invariant, (5*b*) donne les composantes d'un vecteur, (5*c*) les composantes d'un tenseur symétrique. Par rapport aux transformations de Lorentz les expressions (5) sont les composantes d'un pseudo-tenseur du second rang de l'espace à 4 dimensions. Dans le cas des solutions réelles des équations de Maxwell les expressions (5) sont identiquement nulles, tandis qu'avec des fonctions complexes elles caractérisent l'état de polarisation des ondes.

L'expression (6) est un invariant relativiste, l'expression (7) est un pseudo-invariant, correspondant respectivement aux quantités $-(H^2 - E^2)$ et $-(E.H)$ de la théorie réelle. Les expressions (8*a*) et (8*b*) se transforment comme les composantes de deux vecteurs de l'espace à 3 dimensions et comme les composantes d'un tenseur antisymétrique du second rang de l'espace à 4 dimensions. Avec des fonctions réelles, les expressions (8) sont aussi identiquement nulles. Les expresssions (9*a*) et (9*b*) sont les composantes de deux tenseurs symétriques du second rang de l'espace à 3 dimensions, existant aussi dans le cas réel. Par rapport aux transformations de Lorentz les expressions (9*a*) et (9*b*) se transforment ensemble comme les composantes d'un tenseur du quatrième rang de l'espace à 4 dimensions.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse du son dans certains mélanges d'hydrocarbures.* Note de Mlle **Nicole Utter** et M. **Roger Kling**, présentée par M. Jean Cabannes.

Entre le volume molaire V d'un liquide et la vitesse du son *a* dans ce même liquide, M. R. Rao [1] a proposé la relation

$$a^{\frac{1}{3}}V = R.$$

La constante R étant une fonction additive de la composition du liquide.

---

(1) *Current Sci.*, 9, 1940, p. 534.

Ainsi dans un mélange à deux constituants la constante du mélange R_{12} serait

(2) $$R_{12} = xR_1 + (1-x)R_2,$$

x étant la fraction molaire de l'un des constituants.

Nous avons effectué des mesures de vitesse du son sur deux séries de mélanges d'hydrocarbures et nous avons vérifié à 5 % près une loi plus simple exprimant une variation linéaire de la vitesse du son dans le mélange en fonction de la concentration en volume λ de l'un des constituants

(3) $$a = \lambda a_1 + (1-\lambda)a_2.$$

La vitesse du son a été mesurée par la méthode de diffraction ultrasonore de Lucas et Biquard ([2]) avec une erreur inférieure au millième, pour des fréquences de 3, 9 et 15 Mc/s. Dans ce domaine aucune dispersion n'a pu être décelée pour les hydrocarbures étudiés.

Dans la première série de mesures, les constituants du mélange étaient de l'hexadécane utilisé pour la détermination des indices de cétane dans les moteurs, purifié par distillation ($t = 285$-287°C. sous la pression atmosphérique normale) et de l'heptane normal pur. Le tableau I donne les valeurs de la vitesse du son a mesurée à la pression atmosphérique et à 17°C. (la constance de la température était contrôlée au 1/100 de degré près); λ représente ici le volume d'heptane par centimètre cube du mélange.

TABLEAU I.

λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.	λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.
0	1 418	1 418	0,44	1 317	1 326
0,32	1 351	1 351	0,60	1 292	1 291
0,38	1 328	1 338	1	1 207	1 207

Dans la seconde série de mesures, les constituants du mélange étaient le butylbenzène et le 2.2-diméthylbutane à l'état pur.

Le tableau II donne les résultats de mesures effectuées à la pression atmosphérique et à la température de 15°C. λ représente ici le volume de 2.2-diméthylbutane par centimètre cube du mélange.

TABLEAU II.

λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.	λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.
0	1 386	1 386	0,47	1 247	1 240
0,30	1 292	1 293	0,52	1 214	1 225
0,36	1 265	1 273	0,57	1 207	1 210
0,42	1 256	1 258	1	1 077	1 077

([2]) BIQUARD, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 117; LUCAS, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1165; LUCAS et BIQUARD, *J. Phys. et Rad.*, **3**, 1932, p. 464.

D'autre part, Rao [3] indique, comme autre propriété de la constante R que, pour un corps pur elle serait une fonction additive de la composition chimique, indépendante de la position des divers groupements à l'intérieur de la molécule.

Nous avons constaté que cette règle se trouve en défaut pour le diméthylbutane puisque la vitesse du son dans cet hydrocarbure diffère d'une quantité supérieure aux erreurs de mesure suivant la position du groupement CH_3, ainsi qu'il résulte du tableau III.

TABLEAU III.

```
                                                              a m/s
             Hydrocarbure.                               p = 1atm 17°C.
                             H  CH3  H   H
                             |   |   |   |
2.2-diméthylbutane      H—C——C————C——C—H                  1 068
                             |   |   |   |
                             H  CH3  H   H

                             H   H    H    H
                             |   |    |    |
2.3-diméthylbutane      H—C——C————C————C—H                1 063
                             |   |    |    |
                             H  CH3  CH3   H
```

Ce dernier résultat peut d'ailleurs se rapprocher des observations de Parthasaraty [4] qui a trouvé que dans le cas d'une cétone ou d'un alcool comportant des groupements méthyl substitués sur un noyau benzénique, c'est le composé ortho qui donne la vitesse du son la plus élevée.

Dans les deux hydrocarbures précités, 2.2 et 2.3 dimétylbutane, les mesures ont été effectuées pour sept fréquences comprises entre 1 et 15 Mc/s sans qu'aucune dispersion n'ait été décelée.

CHALEUR. — *Théorie continue et théorie moléculaire des phénomènes thermocinétiques.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie continue de la thermocinétique, qui s'exprime par des équations différentielles, prévoit flux de chaleur infini, vitesse de progression d'un signal thermique infinie à l'origine, apparition instantanée du signal même à grande distance, conséquences que l'interprétation moléculaire des mouvements de la chaleur repousse comme non-sens. Précisons ces différents points.

Un milieu illimité vers les $x > 0$ étant initialement froid, si l'on crée à l'origine des temps une température T_0 sur la face $x = 0$, pour les petites valeurs du temps t le signal T au point x aura l'ampleur

$$T \sim \frac{T_0}{x}\sqrt{\frac{Dt}{\pi}}\, e^{-\frac{x^2}{4Dt}}.$$

---

(3) *J. chem. Phys.*, 9, 5, 1941, p. 682.

(4) *Proc. Ind. Acad.*, 4, 1936, p. 59 et 213.

D étant la diffusivité thermique; ce qui s'écrit, en explicitant le paramètre $v = x : 2Dt$,

$$T \sim T_0 e^{-v^2} : 2v\sqrt{\pi},$$

quantité rapidement décroissante quand v croît. Considérons l'effet perçu comme négligeable quand il vaut le centième de T_0, ce qui correspond à $v = \sqrt{2,9}$. Cela veut dire que le signal, au temps t, aura atteint la distance $x = 3,4\sqrt{Dt}$, et la vitesse moyenne de progression sera $3,4\sqrt{D/t}$, infinie à l'origine.

Mais une vitesse trop grande ne peut pratiquement se présenter, les vitesses moyennes correspondant aux durées accessibles à l'expérience étant énormément inférieures à la vitesse de propagation des perturbations mécaniques qui est sans doute l'ordre de grandeur des plus hautes vitesses admissibles pour la progression de la chaleur. Dans un métal comme l'aluminium, il faudrait descendre à des temps de l'ordre de 10^{-11} seconde pour que la vitesse moyenne théorique apparût comme absurde, à un temps extrêmement court de 10^{-6} seconde ne correspond que l'infime vitesse moyenne d'une trentaine de mètres/seconde.

Quant à l'apparition instantanée d'une trace de signal à toute distance, l'ampleur en étant prodigieusement faible et pratiquement indécelable au bout d'un temps faible à une distance un peu importante, on pourrait convenir de n'y pas prêter attention, le résultat étant considéré comme dû aux imperfections d'une théorie seulement approximative; de même que l'on accepte cette conséquence de la loi des erreurs, que la probabilité d'un grand écart expérimental est seulement extrêmement faible alors que physiquement elle est rigoureusement nulle.

Reste évidemment la valeur infinie du flux de chaleur lorsque deux milieux de températures différentes sont mis en contact. La difficulté n'existe pas en réalité, parce que la mise en contact n'est jamais parfaite : il subsiste toujours une manière de vernis fluide de résistance thermique non nulle. Existât-elle, on remplacerait les dérivées par rapport aux coordonnées par des différences finies relatives à des mailles ayant pour dimension une sorte de libre parcours moyen. Notons d'ailleurs que le remplacement d'une équation différentielle par une équation aux différences, à des fins purement pratiques de calcul numérique, est un procédé d'intégration approchée fort utilisé aujourd'hui après un long oubli.

On peut donc dire que, malgré ses insuffisances évidentes, la théorie continue permet de traiter pratiquement les problèmes de thermocinétique, sans que puisse être rencontrée de contradiction réelle avec l'expérience.

Nous montrerons ailleurs que la théorie moléculaire ne ferait pas disparaître toute difficulté, et que les paradoxes classiques viennent avant tout d'une stylisation par trop contraire aux réalités physiques.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE. — *Production d'une tension constante par une décharge excitée en haute fréquence.* Note de Mlle **Madeleine Chenot**, présentée par M. Camille Gutton.

Au cours de recherches sur la décharge en haute fréquence, j'ai mis en évidence un nouvel effet : celui de l'apparition d'une différence de potentiel constante entre deux électrodes en contact avec le gaz ionisé d'une telle décharge.

Le tube à décharge en pyrex est muni, d'une part, de deux électrodes externes cylindriques reliées à une bobine de quelques spires, elle-même couplée à un oscillateur à lampes, et, d'autre part, de deux électrodes internes en aluminium, planes, parallèles, perpendiculaires à son axe. J'ai utilisé successivement trois tubes de diamètres 25, 20 et 25^{mm}, avec des électrodes internes de diamètre 16^{mm}, distantes respectivement de 235, 96 et 100^{mm}. J'ai fait également quelques essais sur un quatrième tube dont les électrodes, en fil de tungstène de diamètre 1^{mm},2, étaient fixées à la paroi latérale et distantes de 134^{mm}. Un voltmètre à cadre mobile, en série avec des résistances additionnelles convenables, est relié aux électrodes internes.

Dans les premières expériences, la décharge était excitée dans l'hydrogène pur, sous des pressions variant de quelques millièmes à quelques centièmes de millimètre de mercure, sur une fréquence voisine de 100 mégacycles par seconde. Dans la suite, les essais ont porté sur la vapeur de mercure saturante à la température ambiante, avec une fréquence d'excitation plus basse, de l'ordre de 50 mégacycles, pour laquelle les tubes s'allumaient plus facilement. La décharge se présente sous la forme d'une colonne lumineuse de brillance à peu près uniforme, sans contour net, enveloppée d'une nébulosité diffuse.

Si les électrodes externes sont placées sur le tube de façon symétrique par rapport aux électrodes internes, le voltmètre reste au zéro en présence de la décharge; mais, si on les déplace de manière convenable, on peut déformer la colonne lumineuse et obtenir une décharge dont la région brillante s'approche de l'une des électrodes internes à deux ou trois millimètres et reste beaucoup plus éloignée de l'autre; le voltmètre accuse alors une différence de potentiel constante entre les électrodes internes, dont la valeur dépend du degré de dissymétrie de la décharge, de la résistance du circuit du voltmètre et qui croît lorsque l'intensité de l'excitation haute fréquence augmente; avec un potentiel d'entretien en haute fréquence de l'ordre de 600 volts, elle était couramment de 200 à 300 volts et a atteint 480 volts dans des cas particulièrement favorables. Dans le montage simple utilisé, par attaque directe des plaques d'un oscillographe cathodique, on voit qu'il ne s'agit pas d'une tension uniquement redressée, mais bien d'une tension continue, à laquelle se superpose d'ailleurs une tension alternative de haute fréquence. Pour éviter dans les mesures les

difficultés résultant de cette tension alternative dans le circuit du voltmètre, il suffit de shunter les électrodes internes par un condensateur de capacité assez grande. C'est toujours l'électrode dont la décharge brillante est la plus voisine qui fonctionne comme pôle positif du générateur continu ainsi réalisé.

Il est facile de déterminer la caractéristique propre du tube en mesurant à l'aide d'un microampèremètre à cadre mobile l'intensité du courant continu débité par le tube dans une résistance variant de plusieurs mégohms à la résistance du microampèremètre utilisé seul (au minimum 900 ohms avec l'appareil en service); les courants atteignent dans certains cas un milliampère. On en déduit la courbe du courant en fonction de la différence de potentiel entre électrodes. Le tube peut aussi être monté en série ou en opposition avec une batterie d'accumulateurs. En particulier, on peut mesurer la f. é. m. de la batterie montée en opposition pour laquelle le courant débité s'annule et obtenir ainsi la f. é. m. du tube en circuit ouvert. En outre, les valeurs de l'intensité du courant, qui traverse une résistance donnée sous l'action simultanée du tube et d'une batterie variable, permettent de prolonger la caractéristique propre dans des domaines où le courant et la différence de potentiel entre électrodes internes changent de sens par rapport à l'action propre du tube à décharge. Les résultats complexes déjà obtenus dans cette voie feront ailleurs l'objet d'un mémoire plus détaillé.

Il faut remarquer que le passage du courant perturbe la dissymétrie réalisée dans la décharge; la perturbation se traduit, lorsque l'intensité du courant est assez grande, par un déplacement visible de la colonne brillante au moment où l'on ferme le circuit, en sens inverse du sens dans lequel passe le courant. Il convient donc de distinguer un phénomène statique, correspondant à l'apparition d'une tension constante entre les électrodes au contact du gaz ionisé en haute fréquence, et un phénomène dynamique, lié au passage du courant continu à travers le gaz.

Une explication du mécanisme de production de la tension continue aux dépens de l'énergie de haute fréquence fournie au tube n'est pas immédiate. Elle devra évidemment faire appel aux différences de concentration des particules chargées au voisinage des électrodes internes et peut-être à un champ électromoteur de diffusion des particules dans la colonne gazeuse. Le phénomène pourrait avoir des points communs avec le redressement par des tubes à électrodes principales dissymétriques.

D'après des observations anciennes non publiées, il est probable que de tels champs constants jouent un rôle important dans différentes formes de décharges excitées en haute fréquence. Leur considération s'imposera aussi dans l'application de la méthode des sondes de Langmuir à ces décharges.

MAGNÉTISME. — *Aimantation initiale et champ coercitif d'un monocristal de cobalt, suivant les axes de facile et difficile aimantation.* Note de MM. **Charles Guillaud** et **Roger Bertrand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il était important, pour la connaissance des mécanismes de l'aimantation initiale, d'étudier les propriétés magnétiques de monocristaux ne présentant qu'un axe de facile aimantation, ce qui est le cas du monocristal de cobalt (l'axe sénaire étant de facile aimantation). En faisant l'étude de l'aimantation initiale suivant cet axe et suivant une direction perpendiculaire à celui-ci, nous n'aurons à faire, d'après les hypothèses actuellement admises des domaines élémentaires, qu'à des déplacements de parois à 180° d'une part et à des rotations d'autre part. M. Néel [1], dans une étude théorique des lois d'aimantation de Lord Rayleigh, avait déjà envisagé ces processus élémentaires.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un magnétomètre astatique. L'échantillon, qui se présente sous la forme d'un cube de 5^{mm} de côté, est placé au centre d'une bobine verticale magnétisante, à l'extrémité d'un support rigide à trois degrés de liberté; sa position est repérable à un demi-degré près. La bobine magnétisante porte également les enroulements nécessaires à la compensation du champ terrestre et à la démagnétisation de l'échantillon. La compensation de l'effet perturbateur de la bobine magnétisante, réalisée à l'origine par une bobine auxiliaire, est étendue à toute l'échelle par des formules de correction supplémentaires. Un dispositif classique avec vase Dewar permet des mesures depuis les basses températures.

L'anisotropie magnétique et la forme non sphérique de l'échantillon conduisent à l'apparition d'une composante horizontale du moment. L'effet de celle-ci est éliminé par des mesures suivant divers azimuts qui corrigent également les erreurs d'excentricité.

D'autre part un calcul statistique, portant sur plusieurs centaines de résultats, permet de diminuer l'influence des erreurs accidentelles, inévitables dans l'emploi du magnétomètre.

Des études aux rayons X et des mesures magnétométriques montrent que l'échantillon est un monocristal [2] du système hexagonal et permettent de repérer, à un degré près, la position de l'axe sénaire par rapport aux arêtes du cube.

L'influence du champ démagnétisant, pratiquement impossible à connaître avec rigueur par suite de la forme cubique de l'échantillon, a été évaluée expérimentalement par comparaison avec des cubes de fer et de nickel dont les

(*) Séance du 21 juin 1948.

(1) L. Néel, *Cahiers de Physique*, n° 12, décembre 1942 et n° 13, mars 1943.

(2) Nous devons ce monocristal de cobalt à M. Gold, physicien au M. I. T. de Cambridge, U. S. A.

caractéristiques magnétiques étaient au préalable déduites de mesures sur des tores de même origine.

Les causes d'erreur, par suite d'une relation homographique entre les déviations du spot et l'aimantation de la substance, croissent avec rapidité quand l'aimantation augmente.

Résultats. — A la précision de nos mesures, c'est la loi de Rayleigh $\mathcal{J}=aH+bH^2$ qui traduit le mieux nos expériences, aussi bien pour l'axe de facile que de difficile aimantation.

a. Axe de facile aimantation. — a et b sont de l'ordre de grandeur de 2 et restent inchangés dans l'intervalle de température $-196°$ C. à $-20°$C.; le champ coercitif $H_c = 0,55$ œ;

b. Axe de difficile aimantation; à 20° C. : $a = 0,14$, $b = 0,003$, $H_c = 7,5$ œ; à $-196°$ C. : $a = 11$, $b = 0,001$.

Interprétation : a. suivant l'axe de difficile aimantation. — Le processus d'aimantation, par rotation des porteurs, conduit par la considération du minimum d'énergie libre, à la loi très simple $a = \mathcal{J}_s^2/2K_1$, où $\mathcal{J}_s$ est l'aimantation spontanée et K_1 le facteur du premier terme angulaire dans l'expression de l'énergie magnétocristalline.

Nous avons déterminé $\mathcal{J}_s$, F_k (énergie magnétocristalline) et K_1, d'où le tableau :

t°C.	F_k (en ergs/cm³).	K_1.	$\mathcal{J}_s$.	$a = \frac{\mathcal{J}_s^2}{2K_1}$.	a expérimental.
20°.....	$5,9.10^6$	$5,0.10^6$	1410	0,19	0,15
−196°.....	$8,1.10^6$	$7,5.10^6$	1410	0,13	0,11

Nos valeurs de F_k sont supérieures à celles publiées jusqu'ici ([3]), de plus nous trouvons la même aimantation spontanée à 20°C. et à −196°C.

L'influence de K_1 apparaît donc prépondérante, devant une faible action probable due aux tensions et le mécanisme de rotation semble bien prouvé.

b. Suivant l'axe de facile aimantation. — Dans ce cas nous ne devrions avoir que des déplacements de parois à 180°, nos mesures ne nous permettent, pour le moment, aucune conclusion.

MAGNÉTISME. — *Une détermination de la texture des poudres de fer à grand champ coercitif par la mesure de leur chaleur de mouillage.* Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons cherché à déterminer le diamètre moyen des poudres de fer à grande force coercitive obtenues par exemple par réduction à basse tempéra-

---

([3]) R. Becker et W. Doring, *Ferromagnétismus*, p. 127.

ture de formiates ([1]), en mesurant leur chaleur de mouillage dans des liquides organiques et en la comparant à celle d'un fer ex-carbonyle d'analyse granulométrique mesurable au microscope. Les deux poudres à comparer ont été l'une réduite, l'autre recuite dans l'hydrogène à la même température pour donner à leur surface la même nature chimique : on peut admettre que les chaleurs de mouillage sont alors proportionnelles à l'étendue de la surface.

Les ampoules contenant les poudres sous hydrogène ont été cassées dans le calorimètre antérieurement décrit ([2]). Pour des bentonites, nous avions trouvé sensiblement la même marche de température avant et après mouillage. Sauf précautions spéciales, pour les poudres de fer, au contraire, le brusque dégagement de chaleur au cassage est suivi d'un dégagement plus lent; la marche de température n'est plus la même qu'avant l'expérience et n'est même pas linéaire en fonction du temps. Ces phénomènes sont dus à l'oxydation de la poudre que produit aussitôt après le cassage l'oxygène déjà dissous dans le liquide de mouillage et, plus lentement ensuite, le renouvellement de l'oxygène dissous dû à l'agitation. L'oxydation se traduit par une diminution de 10 à 20 % de l'aimantation. L'ordre de grandeur des chaleurs d'oxydation explique les anomalies observées.

Nous avons rendu linéaire la marche de température après cassage, soit en additionnant le liquide mouillant d'un corps se combinant à l'oxygène dissous (hydroquinone dans le cas du benzène), soit en opérant sur des liquides bouillis dans lesquels nous avons fait barboter de l'azote désoxygéné. Les deux méthodes donnent sensiblement le même résultat. Nous avons surtout utilisé la deuxième qui conserve au liquide sa définition chimique; les précautions ont été prises pour que le barbotage d'azote ne perturbe pas la mesure calorimétrique.

Les conditions de préparation et granulométrie du formiate influent sur la chaleur de mouillage, sans corrélation avec le champ coercitif : un formiate réduit à 350° donne une chaleur de mouillage de 6,7 calories par gramme avec un champ coercitif de 814 gauss, alors qu'un autre donne 22,5 cal/g avec un champ coercitif de 780 gauss. Nous avons pris des échantillons d'un même lot de formiate. Trois échantillons passant au tamis 300 (diamètres inférieurs à quelques dizaines de microns) ont donné dans le benzène après réduction et mesure faite dans les mêmes conditions, avec des champs coercitifs de 880, 777 et 745 gauss, des chaleurs de mouillage de 28,9, 28,6 et 27,9, soit en moyenne 28,5 calories par gramme. Deux échantillons passant entre les tamis 80 et 150 (plus de deux fois plus grossiers que les plus gros du groupe

---

([1]) L. Néel, L. Weil et J. Aubry, Brev. Fr., Chambéry, 1942, n° prov. 323.

([2]) L. Weil, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2130.

précédent) ont donné, avec des champs coercitifs de 774 et 906 gauss, des chaleurs de mouillage de 12,1 et 14,4, soit en moyenne 13,3 cal/g.

Pour du fer ex-carbonyle d'un diamètre moyen de 4 microns et d'une surface de $0^{m^2},2$ par gramme, nous avons trouvé dans le benzène des chaleurs de mouillage dont la moyenne est de 0,3 cal/g.

Les poudres de fer à grand champ coercitif auraient donc des surfaces qui pour les plus fines atteindraient 90 fois celle du fer ex-carbonyle, soit 18^{m^2} par gramme; dans l'hypothèse de grains lisses et sphériques, *leur diamètre moyen serait donc de l'ordre de* 450 Å.

Les expériences faites avec le xylène, l'éther et l'acétone ont donné pour les chaleurs de mouillage et pour leur rapport des résultats comparables. Dans les huiles (anthracènique ou huile de paraffine) les chaleurs de mouillage de nos poudres tombent à quelques calories et celles du fer ex-carbonyle à quelques centièmes de cal/g.

La théorie de leurs propriétés magnétiques ([3]) admet que les grains primaires ne sont pas ronds. Des examens au microscope électronique de catalyseurs montrent que leur surface est loin d'être lisse. Il est probable qu'à une surface de 18 m^2/g correspond un diamètre moyen sensiblement supérieur à 450 Å. Par contre, une détermination de la dimension du grain primaire faite aux rayons X ([4]) montre que son diamètre est de 300 Å environ. Il y a donc tout lieu de penser que si la surface mouillée sur une poudre obtenue à partir d'un formiate à grain fin est deux fois plus importante que sur celle obtenue à partir d'un sel moins divisé, *elle ne représente pas non plus la totalité de la surface des grains primaires*. Les grains primaires sont groupés en *éponges*. Aucun des liquides étudiés ne pouvait en raison du diamètre des molécules, pénétrer dans les interstices les plus étroits de celles-ci. Ces interstices peuvent donc n'avoir que quelques angströms d'épaisseur. Il suffit effectivement d'une faible augmentation de température pour les colmater, c'est-à-dire en définitive pour augmenter la dimension du grain primaire jusqu'à le faire passer au-dessus de la dimension critique où réapparaissent les parois de Bloch. Des réductions à 500° et 600° conduisent à des poudres dont les champs coercitifs ont été par exemple de 149 et 36 gauss respectivement et la chaleur de mouillage de 1,3 cal/g. Leur surface mouillée est donc plus de 10 fois plus petite : les plus petites des cavités externes des éponges se sont donc comblées en même temps que les fissures internes, tandis que, corrélativement, la couleur de la poudre est passée du noir au gris métallique.

([3]) L. Néel, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1550.
([4]) Résultat inédit communiqué par M. Bertaut.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Variation, avec la longueur d'onde, de la portée des atmosphériques et du flux d'impulsion par mètre correspondant au seuil de fonctionnement de récepteurs-enregistreurs du niveau moyen.* Note (*) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons défini le seuil de fonctionnement d'un récepteur-enregistreur du niveau moyen des atmosphériques par le flux d'impulsion par mètre

$$\Psi_0 = \frac{1}{h}\int_0^\theta e\,dt,$$

provoquant le fonctionnement limite de l'appareil, d'une force électromotrice e de forme quelconque, induite dans l'antenne, mais de durée θ suffisamment courte devant la période T du récepteur; h étant la hauteur effective de l'antenne.

Des mesures du flux d'impulsion par mètre ont été effectuées, en application de la méthode exposée dans la Note précitée, au Laboratoire National de Radioélectricité, sur les appareils d'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques. Les résultats de ces mesures sont indiqués ci-après.

Chaque antenne a une capacité γ égale à 10^{-4} μF environ et une hauteur effective h de l'ordre de 3^{m}.

Longueur d'onde d'accord du récepteur (en mètres)	25 000	11 000	5 000	2 000
Flux d'impulsion par mètre $\Psi_0 = \frac{\Phi_0}{h}$ (en maxwells par mètre)	350	65 à 127	43	5 à 10

Le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs a été réglé pour obtenir sur les différentes longueurs d'onde, des diagrammes ayant sensiblement, en moyenne ([2]), le même niveau dans les conditions de propagation de jour.

Il résulte du tableau ci-dessus que le flux d'impulsion par mètre Ψ_0, correspondant au seuil de fonctionnement des appareils, croît avec la longueur d'onde d'accord. En d'autres termes, les valeurs de Ψ_0 caractérisent la répartition, dans le spectre, de l'énergie des atmosphériques à la réception : l'énergie reçue augmente, dans le domaine considéré, avec la longueur d'onde.

On peut poursuivre davantage l'interprétation des résultats et établir un

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1710.

([2]) En moyenne, parce que ces niveaux varient avec la répartition et la distance des foyers.

rapprochement entre les valeurs du flux par mètre Ψ_0 et les portées de jour des atmosphériques indiquées, il y a plusieurs années, par R. Bureau ([3]).

Le tableau suivant indique, pour chaque longueur d'onde d'accord du récepteur enregistreur :

1° La portée de jour (p);

2° Le rapport $\sqrt{\Psi_0}/p$ de la racine carrée du flux d'impulsion par mètre (en maxwells par mètre) à la portée exprimée en milliers de kilomètres.

Longueur d'onde d'accord du récepteur (en mètres)	25 000	11 000	5 000	2 000
Portée de jour (p) (en kilomètres)	$>$ 3 000	2 500	1 500	1 000
$\dfrac{\sqrt{\Psi_0}}{p}$	$<$ 6,2	3,2 à 4,5	4,3	2,3 à 3,2

Les rapports de la racine carrée du flux d'impulsion par mètre à la portée sont du même ordre de grandeur, ce qui indique que le flux d'impulsion par mètre Ψ_0 varie sensiblement, en fonction de la longueur d'onde, comme le carré de la portée.

Le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs varie donc approximativement, en fonction de la longueur d'onde, comme la surface des sphères d'activité des atmosphériques définies par un rayon proportionnel à la portée indiquée par R. Bureau dans le domaine considéré.

SPECTROGRAPHIE. — *Détermination spectrographique de la solubilité du cadmium dans l'étain solide.* Note (*) de M. **Henri Triché**, présentée par M. Paul Pascal.

Au-dessous de 128°C. les alliages de cadmium et d'étain sont constitués par deux solutions solides, l'une α riche en étain, l'autre β riche en cadmium. Si l'on attaque ces alliages par un acide, la phase β joue le rôle d'anode et se dissout, la phase α joue le rôle de cathode. Si la réaction n'est pas trop rapide, les grains apparaissant en relief sont tous des grains de la phase α.

Pour connaître la teneur en cadmium de cette phase, on opère comme pour les dosages spectrophotographiques ordinaires. On choisit deux raies voisines, appartenant, l'une à l'étain 3283 Å, l'autre au cadmium 3466 Å; le rapport des noircissements de ces deux raies est une fonction de la concentration du cadmium. On construit une courbe d'étalonnage en prenant comme coordonnées le logarithme de la concentration en cadmium et le logarithme du rapport des noircissements.

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 349.

(*) Séance du 28 juin 1948.

Mode opératoire[1]. — L'étincelle éclate entre l'alliage et une baguette de cuivre pur. Pour analyser la surface attaquée on doit la déplacer pendant la pose pour que l'étincelle n'atteigne pas les grains β des couches profondes. Les alliages étalons doivent être enregistrés dans les mêmes conditions à moins que l'on vérifie que le déplacement n'a pas d'influence sur le rapport du noircissement des deux raies utilisées pour le dosage; c'est ce qui a été constaté.

Influence du traitement thermique. — Cette influence n'est pas appréciable sur le tracé de la courbe d'étalonnage, mais l'analyse des surfaces attaquées donne des résultats très différents suivant le traitement thermique. Les alliages doivent subir un recuit suffisant avant l'attaque, pour que l'état d'équilibre soit atteint à une température bien définie et en particulier pour que les solutions solides soient homogènes. Pour les alliages bruts de coulée, le pourcentage atomique du cadmium était compris entre 0,1 et 0,64. Une partie de l'alliage pouvant se trouver dans l'état qu'il possédait au-dessus de 128° C. et la solubilité du cadmium dans l'étain étant beaucoup plus grande (5 % en poids), on s'explique les valeurs par excès de la teneur en Cd; les valeurs par défaut sont expliquées par la structure hétérogène de la phase α dont les zones riches en cadmium sont attaquées.

Après divers essais, toutes les plaquettes ont subi un chauffage de 12 jours à 105° C. et une trempe à l'eau à 20° C.

Influence du traitement chimique préalable. — La surface est limée, puis attaquée par de l'acide nitrique concentré, l'attaque est violente mais ne modifie pas la composition de la surface; l'acide métastannique est éliminé par un jet d'eau distillée, la surface est alors traitée par de l'acide chlorhydrique; on chauffe légèrement pour éliminer la phase β.

Le spectre de la surface doit être examiné attentivement, des raies nouvelles peuvent apparaître indiquant la présence d'impuretés. Nous avons préparé des réactifs d'attaque très purs pour éviter cette cause perturbatrice; cependant, malgré cette précaution, les raies 3282 et 3383 Å(Ag) apparaissent si l'attaque est trop poussée, bien qu'elles ne soient pas visibles sur les spectres d'arc des alliages Sn-Cd. L'argent étant soluble dans le cadmium et insoluble dans l'étain, se concentre dans la phase β. Celle-ci étant détruite, l'argent se dépose à l'état métallique ou à l'état de ClAg sur la phase α et il est révélé par le spectre. Lorsque les raies de l'argent sont trop visibles, le spectre est inutilisable, il conduit à une concentration trop faible en cadmium (cette influence est connue sous le nom d'influence d'un tiers élément). Pour éviter cette erreur, il suffit que l'attaque ne soit pas trop poussée.

Dosages. — La fente du spectrographe est suffisamment ouverte pour que les mesures au microphotomètre soient précises. Le fond continu n'ayant pas la même valeur pour les surfaces attaquées et pour les étalons, il est indispen-

---

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 966.

sable d'en tenir compte. Nous avons fait la correction habituelle, qui consiste à retrancher la densité du fond contigu à la raie de la densité de cette raie.

En évitant les causes d'erreur signalées, on trouve :

Concentration atomique des alliages	0,5	1,0	2,0
Concentration atomique de la phase α...	0,29	0,29	0,41

soit en moyenne 0,31 % Cd en poids.

Comparaison avec les résultats antérieurs. — Nos résultats ne s'écartent pas trop de ceux qui ont été trouvés par d'autres méthodes, pour lesquelles les valeurs extrêmes sont comprises entre 0 et 1,5 % en poids ([2]). Dans un travail plus récent, Hanson et Pell Walpole indiquent la valeur 1 % ([3]) obtenue par examen métallographique et au moyen de courbes de résistivité. On peut se demander si la valeur obtenue par examen direct n'est pas par excès, une phase pouvant être en trop faible proportion ou trop dispersée pour être visible, et si la valeur obtenue par l'étincelle n'est pas par défaut quand la solution solide α n'est pas homogène (un recuit de 12 jours n'étant peut-être pas suffisant pour la température relativement basse de 105° C.).

Il semble que la méthode spectrographique puisse fournir un résultat plus précis que celui qui a été obtenu puisque l'erreur relative commise pour le dosage d'un alliage n'est que de 3,5 %. Notons que Hanson et Pell Walpole ont obtenu des courbes de dureté et de résistance à la traction en fonction de la concentration qui ont un point anguleux à 0,75 % Cd ([2]).

SPECTRES D'ABSORPTION INFRAROUGES. — *Spectres infrarouges des acides cinnamiques, de la chalcone et de quelques composés apparentés.* Note (*) de MM. **Jean Lecomte** et **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les séries cinnamique et chalconique, nous avons mesuré, entre 4,5 et 15 μ les spectres infrarouges de 9 composés cristallisés et de l'acide *cis*-cinnamique dissous, soit dans le tétrachlorure de carbone (entre 4,5 et 8 μ), soit dans le sulfure de carbone (entre 7 et 15 μ). Le tableau suivant indique les nombres d'onde observés en absorption (en cm^{-1}) :

Acide phénylpropionique. — 670 (M); 685 (M); 699 (F); 725 (f); 754 (M); 787 (M); 932 (tF); 1210 (M); 1228 (M); 1305 (tF); 1373 (tF); 1419 (F); 1460 (F); 1717 (tF).

Acides cis-*cinnamiques* F 42°. — 666 (M); 679 (M); 694 (F); 739 (M); 755 (M); 798 (M); 836 (F); 879 (f); 922 (tf); 978 (tf); 1061 (tf—?); 1168 (M); 1234 (M); 1265 (tf—?); 1280 (tf); 1303 (f); 1340 (tf—?); 1408 (f); 1462 (F); 1650 (F); 1709 (F).

([2]) Hanson et Pell Walpole, *J. Inst. Metals*, 56, 1935, p. 167-187.

([3]) *J. Inst. Metals*, 59, 1936, p. 281-300.

(*) Séance du 28 juin 1948.

F 58°. — 669 (M); 683 (M); 697 (F); 757 (tF); 801 (M); 834 (F); 919 (tF); 985 (tf); 1243 (M); 1312 (f); 1349 (tf—?); 1375 (f); 1405 (f); 1447 (F); 1469 (M); 1647 (F); 1702 (tF).

F 68°. — 666 (M); 682 (M); 696 (F); 736 (f); 757 (M); 803 (F); 827 (M); 938 (tF); 1231 (f); 1250 (f); 1302 (f); 1347 (tf—?); 1396 (M); 1403 (tF); 1660 (F); 1707 (F).

Dissous. — 693 (M); 762 (F); 799 (f); 831 (F); 926 (tF); 1247 (M); 1293 (M); 1349 (f); 1381 (f); 1403 (f); 1447 (F); 1468 (M); 1658 (F); 1711 (tF).

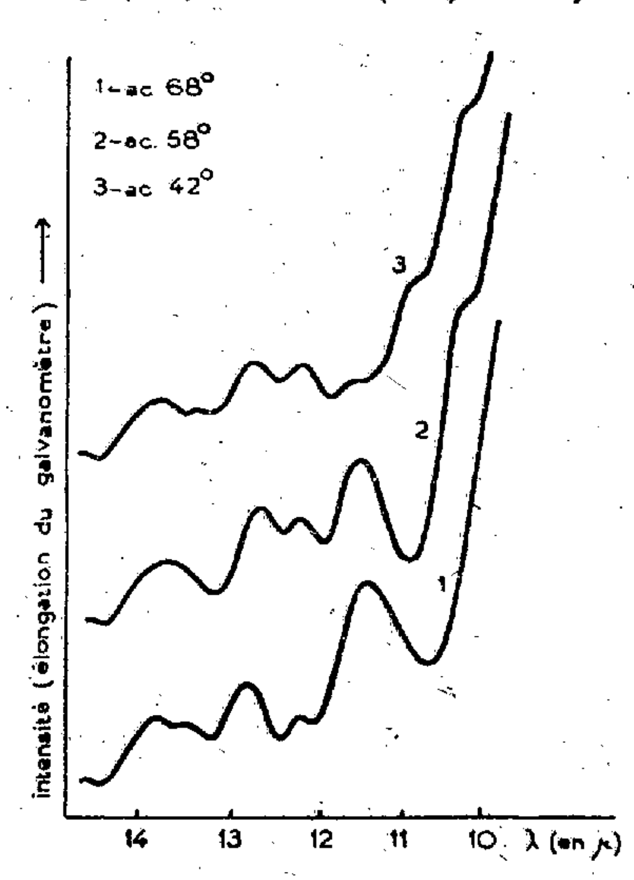
Acides trans-*cinnamiques* α. — 668 (M); 698 (M); 735 (tf—?); 759 (F); 796 (tf—?); 864 (M); 925 (F); 966 (tf); 1234 (f); 1285 (F); 1317 (F); 1351 (f); 1405 (tf—?); 1428 (M); 1460 (M); 1650 (tF); 1699 (tF).

β. — 670 (M); 699 (M); 760 (F); 797 (tf—?); 839 (tf—?); 867 (M); 932 (F); 973 (tf); 1030 (tf—?); 1171 (tf—?); 1287 (F); 1321 (F); 1352 (tf—?); 1428 (M); 1460 (M); 1652 (tF); 1699 (tF).

Acide benzalmalonique. — 671 (M); 689 (F); 754 (F); 781 (f); 821 (M); 916 (tF); 1053 (f); 1223 (F); 1252 (F); 1290 (F); 1329 (f); 1373 (f); 1405 (f); 1436 (M); 1460 (M); 1527 (M—?); 1560 (M—?); 1651 (M); 1703 (tF).

Acide phénylpropiolique. — 667 (M); 678 (M); 715 (tf); 749 (F); 919 (F); 1005 (tf—?); 1194 (F); 1309 (tF); 1426 (tF); 1692 (tF); 2220 (M).

Chalcone fondant à 57°. — 668 (M); 692 (M); 746 (tF); 787 (f); 862 (F); 932 (f); 989 (tF); 1215 (tF); 1287 (M); 1315 (F); 1349 (tF); 1402 (tf); 1459 (F); 1514 (M); 1587 (M); 1618 (tF); 1675 (F).



Comme dans le cas des spectres Raman [1], les deux acides *trans*-cinnamiques ont des spectres très semblables. D'importantes différences se mani-

[1] M. HARRAND et J. GUY, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 430 à 432.

festent par contre pour les trois variétés cristallines de l'acide *cis*-cinnamique. A titre d'exemple, la figure reproduit notamment les courbes expérimentales d'absorption, entre 10 et 14 μ (1 000 à 715 cm^{-1}), des trois acides *cis*-cinnamiques de point de fusion 68°, 58° et 42° : en plus de divers déplacements et dédoublement de bandes, on constate la disparition presque totale, pour l'acide 42°, de la bande à 922 cm^{-1} (10$^{\mu}$,85), tandis que l'intensité d'absorption dans cette région est considérable pour les acides 68° et 58° (maxima situés respectivement à 938 et 919 cm^{-1}); à l'état dissous, quelle que soit la variété cristalline de départ, on obtient toujours, pour l'acide *cis*, le même spectre extrêmement voisin du spectre de la variété cristalline de point de fusion 58°.

Contrairement à ce qui avait été observé pour les spectres Raman des mêmes composés ([1]), on ne constate ici aucune anomalie en ce qui concerne les fréquences C = C et C = O : tous les composés étudiés présentent une forte absorption entre 1670 et 1720 cm^{-1} correspondant, en première approximation, soit à la vibration de valence C = O pour les cétones, soit à une vibration antisymétrique du pont carboxylique pour les acides à l'état dimère; les composés éthyléniques présentent bien de plus une autre bande forte distincte de la précédente, caractéristique de la fréquence C = C et qui varie ici de 1618 à 1660 cm^{-1}.

RAYONS X. — *Quelques observations sur la nature des radiations émises par les tubes à rayons* X. Note de M. **Jean Manoukhine**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il semble que jusqu'ici on n'ait fait, dans les applications, aucune différence entre le rayonnement émis par une ampoule à rayons X du type *à air* et celui émis par une ampoule du type *Coolidge*; cependant, en 1922, j'écrivais ([1]) *que les radiations des ampoules Coolidge ne sont pas comparables à celles des ampoules à air.*

Mes anciens travaux avaient démontré que l'irradiation de la rate par l'ampoule à air, à une dose d'environ 26-30 r (13^{cm} d'étincelle au spintermètre à pointes, 1 mA, filtre de 1^{mm} d'aluminium, distance anticathode-peau : 25^{cm}, durée d'application 5 minutes) provoque le passage dans le sang d'un ferment splénique (leucocytolysine) ([2]) et que, durant les premières 24 heures, la rate diminue de volume et par cela même provoque la diminution du volume du foie dans le cas où les dimensions de ces deux organes étaient augmentées avant l'irradiation.

([1]) *Le traitement de la tuberculose par la leucocytolyse consécutive à l'irradiation de la rate*, Paris, 1922.

([2]) I. Manoukhine, *La leucocytolyse*, Thèse, Saint-Pétersbourg, 1911; *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, nos 1 et 2, 1925, p. 70 et 92; etc.

Lorsqu'en 1946 j'ai commencé, avec M. S. Silberstein, à appliquer la méthode thérapeutique dont il était question dans ces travaux anciens, l'ampoule à air était complètement abandonnée : nous avons donc jugé indispensable d'étudier l'action sur la fonction splénique des divers types d'ampoules modernes à rayons X.

Nous avons observé 4 malades atteints de tuberculose osseuse chez lesquels les volumes du foie et de la rate étaient très augmentés; ils ont été traités par irradiation de la rate (30 r par séance) en employant : pour le malade A, l'ampoule à air, pour B, la cuve Sécurix, pour C et D, l'ampoule Standard. On a observé une leucocytolyse et une diminution consécutive des volumes de la rate et du foie uniquement chez A irradié à l'ampoule à air. Chez les trois autres malades, au contraire, les irradiations provoquent dès le début une augmentation quasi régulière des deux organes, chez B, par exemple, le foie parti de 6^{cm} a pu augmenter jusqu'à 12^{cm} en 7 séances; chez C, parti de $3^{cm},5$, le foie a augmenté jusqu'à 11^{cm}, etc. Ceci démontre bien que l'irradiation par la cuve Sécurix et par la Standard non seulement n'excite pas, mais *déprime* les fonctions spléniques.

Ayant constaté ces résultats négatifs, nous avons commencé à étudier l'action sur la rate d'irradiations produites par différentes ampoules à rayons X et nous avons constaté les faits suivants :

1° La cuve dite *de sécurité* (transformateur et ampoule dans la même cuve à huile) utilisée de 64 à 86 kV, à des doses allant de 30 à 1 r, n'a jamais montré d'action positive, mais à très faible dose *déprime* l'activité splénique et l'huile n'arrête pas ces radiations.

2° L'ampoule Coolidge Standard sur bobine aussi, s'est montrée *déprimante*.

3° L'action de l'ampoule classique du type Coolidge de diagnostic sur transformateur (la plupart du temps nous avons employé un Métallix), n'est pas absolument identique à celle de l'ampoule à air, et l'on n'obtient pas une production de leucocytolysine aussi forte ni aussi rapide.

D'autre part, j'ai étudié la relation entre l'existence des rayons stimulants et le vide de l'ampoule à air; j'ai constaté qu'en utilisant des ampoules à air où le vide était moins poussé et où la tension appliquée descendait progressivement jusqu'à 3^{cm} d'étincelle, on observait un affaiblissement de l'action stimulante des rayons, mais dès que l'ampoule prend une couleur violette (avec arc ou sans arc), vers 2^{cm} d'étincelle, leur action stimulante augmente promptement et atteint l'intensité obtenue avec l'ampoule normale; lorsque, encore plus loin, l'ampoule devient rouge, leur action diminue définitivement. Par exemple, l'ampoule avec 13^{cm} d'étincelle a produit une leucocytolyse de 31,9 % ; l'ampoule *violette* de 38,5 % et l'ampoule *rouge* de 18,7 %. Les observations cliniques ont confirmé ces constatations dans un grand nombre de cas.

Les rayons stimulants et les rayons inhibiteurs sont arrêtés par 2^{mm} de plomb et traversent 1^{mm} d'aluminium.

Toutes ces observations me laissent supposer qu'il se produit dans l'ampoule de Rœntgen des rayons que l'on peut qualifier de rayons *sui generis* et qui doivent être encore étudiés.

ATOMISTIQUE. — *Nouvelle présentation du tableau périodique des éléments basée sur leur structure électronique.* Note (*) de M. **Pierre Vallet**, présentée par M. Paul Pascal.

La principale critique adressée par les chimistes au tableau périodique des éléments, tel qu'il est présenté le plus souvent, est qu'il rassemble dans une même colonne des éléments souvent très différents.

Depuis que les structures atomiques sont mieux connues, différents auteurs ont essayé de remédier à cet inconvénient à l'aide de procédés typographiques variés.

Le nouveau tableau que je propose est à double entrée comme celui de Mendelejeff, mais il est basé sur la structure électronique des éléments telle que nous l'imaginons actuellement.

Horizontalement, le tableau comprend sept lignes correspondant aux sept premières valeurs du nombre quantique principal n, définissant les niveaux énergétiques fondamentaux K, L, ..., Q.

Verticalement, le tableau est d'abord divisé en quatre colonnes correspondant aux quatre premières valeurs du nombre quantique azimutal l. Les trois dernières colonnes ont été divisées en deux pour tenir compte des deux valeurs possibles du nombre quantique interne $j = l \pm 1/2$. Chacune de ces dernières colonnes a été subdivisée en $2j+1$ nouvelles colonnes (indiquées seulement par les éléments qui y figurent).

Finalement, le tableau est divisé en cases énergétiques en nombre égal à $2j+1$ pour chaque sous-niveau énergétique défini par trois valeurs particulières associées des nombres quantiques n, l, j.

En considérant seulement l'enveloppe électronique des différents éléments rangés par ordre de numéros atomiques croissants, on passe de l'un quelconque au suivant, en lui ajoutant un électron. Celui-ci ne vient pas toujours occuper la case énergétique la plus voisine de celle qu'occupe le dernier électron de l'atome précédent, de sorte que si l'on écrit les symboles des différents éléments dans la case énergétique correspondant à son dernier électron, très souvent, les éléments se suivront dans l'ordre des numéros atomiques croissants, mais il pourra arriver que des éléments qui se suivent dans le tableau possèdent des numéros atomiques non consécutifs.

Les deux premiers éléments mis à part, on constate que les éléments rangés dans une même colonne sont alors chimiquement analogues, surtout pour $l = 0$

(*) Séance du 28 juin 1948.

Tableau périodique des éléments.

	$l=0$ s		$l=1$ p						$l=2$ d										$l=3$ f													
	$i=\frac{1}{2}$.		$j=\frac{1}{2}$.		$j=\frac{3}{2}$.				$j=\frac{3}{2}$.				$j=\frac{5}{2}$.						$j=\frac{5}{2}$.						$j=\frac{7}{2}$.							
K......	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=1$...	H	He	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L......	3	4	5	6	7	8	9	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=2$...	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M......	11	12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=3$...	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	A	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									″	″	″	′	″	″	″	″	′	″														
N......	19	20	31	32	33	34	35	36	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
$n=7$...	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Ce	Pr	Nd	Il	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
									″	″	′	′	′	′	′		′	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
O......	37	38	49	50	51	52	53	54	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	90	91	92	93	94	95	96	-	-	-	-	-	-	-
$n=5$...	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm							
									″	″	″	″	″	″		′	′	″	″	″	″											
P......	55	56	81	82	83	84	85	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=6$...	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	-	Rn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q......	87	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=7$...	-	Ra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

et $l=1$. Pour $l=2$ déjà et surtout pour $l=3$, l'analogie se manifeste aussi horizontalement.

On sait que lorsque les nouveaux électrons viennent occuper des cases énergétiques situées dans les profondeurs de l'atome, un réarrangement interne peut se produire et le nombre des électrons les plus extérieurs de l'atome peut être 0, 1 ou 2. J'ai représenté schématiquement ce nombre par 0, 1 ou 2 accents placés sous le symbole des éléments correspondants.

ATOMISTIQUE. — *Sur la structure moléculaire des bioxydes de manganèse utilisés dans les éléments Leclanché.* Note (*) de MM. **Jean Amiel**, **Jean Brenet** et **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente l'un de nous ([1]) a montré que l'accroissement des propriétés dépolarisantes d'un bioxyde de manganèse au cours de son activation correspondrait à la fois à une variation des dimensions de la maille élémentaire, et à une diminution de la distance manganèse-oxygène dans la molécule MnO^2.

Nous avons mesuré la susceptibilité magnétique de deux échantillons de bioxyde, l'un étant le dérivé activé de l'autre. Nous avons trouvé une exaltation du paramagnétisme de l'échantillon activé, dans lequel la distance Mn-O est plus faible. L'expérience donne les valeurs suivantes :

échantillon (1) $= 28,9.10^{-6}$
échantillon activé (2) $= 37,9.10^{-6}$

L'étalon de référence utilisé était le sulfate de manganèse hydraté, comparé à $SO_4Cu, 5H_2O$, étudié précédemment par l'un de nous ([2]).

La seule explication possible de cette différence considérable, compte tenu du taux d'impuretés, réside dans la modification de la forme de liaison Mn — O.

Ces résultats pourraient éventuellement s'interpréter à partir de la détermination des axes de valences selon la méthode de Pauling :

Un des oxygènes dans la molécule MnO_2 est lié à Mn par l'intermédiaire des deux électrons de la couche N de cet atome.

Le calcul théorique montre que la probabilité de présence de l'ensemble des deux électrons de cette couche N est la même sur toute sphère de rayon R; par suite nous ne pouvons caractériser de directions bien déterminées d'axes de valences. Dans ce cas, nous pouvons conclure que la liaison de Mn par les électrons N a surtout le caractère ionique.

Le second oxygène de la molécule MnO_2 est lié à Mn par l'intermédiaire

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 413.

([2]) J. Amiel, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1113.

d'électrons de la couche M de l'atome Mn. Or, ces électrons se répartissent de la manière suivante : 2 pour $l=0$, $m=0$; 6 pour $l=1$, $m=0$, ± 1; 5 pour $l=2$; $m=0$, ± 1, ± 2.

La liaison se fera donc par deux électrons de cet état $l=2$, c'est-à-dire par des électrons d.

La détermination des fonctions d'ondes associées montre comme possibles les deux liaisons de covalence par électrons (d, δ) et (d, π).

Dans le cas de la liaison (d, δ), les directions d'axes de valences sont à 45° l'une de l'autre; dans le cas de liaison par électrons (d, π), les directions d'axes de valences sont à 90° l'une de l'autre. En outre, les plans des axes de valences des électrons (d, δ) d'une part, et (d, π) d'autre part, font entre eux un angle de 45°.

L'ensemble de ces résultats peut être rapproché de l'évolution du pouvoir dépolarisant des deux formes de bioxyde. On pourrait voir là une possibilité d'explication des différences d'activité des deux bioxydes.

Enfin, cette modification de la forme de liaison, nettement mise en évidence par les mesures magnéto-chimiques, provoque une perturbation des densités électroniques autour des atomes de manganèse et d'oxygène. Il en résulte un accroissement de certaines propriétés catalytiques du bioxyde de manganèse (³).

Nous avons donc mis en évidence que les propriétés dépolarisantes, magnétiques et catalytiques des échantillons de bioxyde de manganèse examinés varient dans le même sens.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la disparition de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules α.* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude par la photographie de l'émission des particules chargées a montré que l'image latente des trajectoires de ces particules disparaissait en un temps variable. Yagoda et Kaplan (¹) ont étudié la variation de la densité photographique. Mme Faraggi et Mlle Albouy (²) ont mesuré la disparition des grains. Nous avons évalué la variation du nombre des trajectoires avec le temps qui s'écoule entre l'impression et le développement.

Méthode. — Des plaques sensibles, exposées au rayonnement d'une matière radioactive (pechblende pulvérisée ou dépôt électrolytique de polonium) sont développées dans des conditions identiques, l'une immédiatement, les autres avec des retards croissants. En observant les plaques avec un microscope de

(³) J. Amiel, G. Rodier et J. Brenet (en cours de publication).

(*) Séance du 21 juin 1948.

(¹) *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 910.

(²) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 717-719.

faible grossissement, on compte le nombre de trajectoires par champ. 100 examens au minimum donnent pour chaque plaque la moyenne des trajectoires visibles inscrites sur une surface donnée.

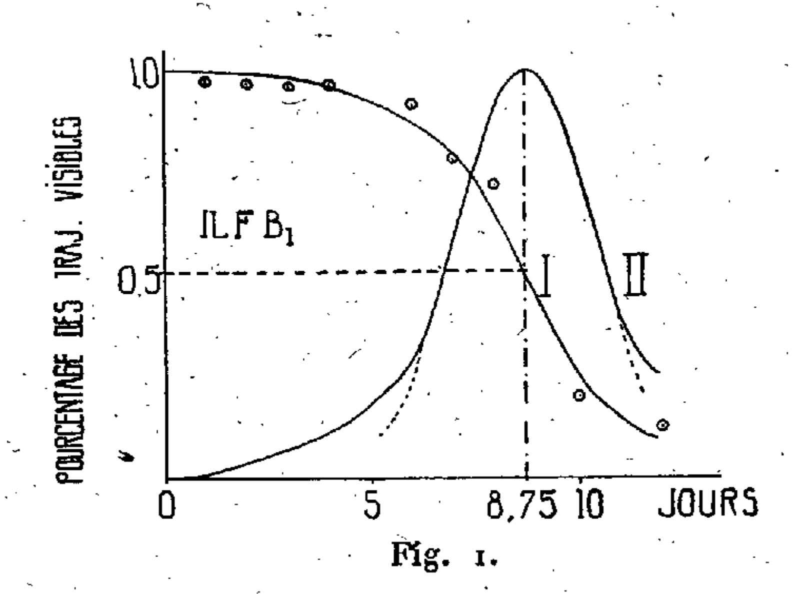


Fig. 1.

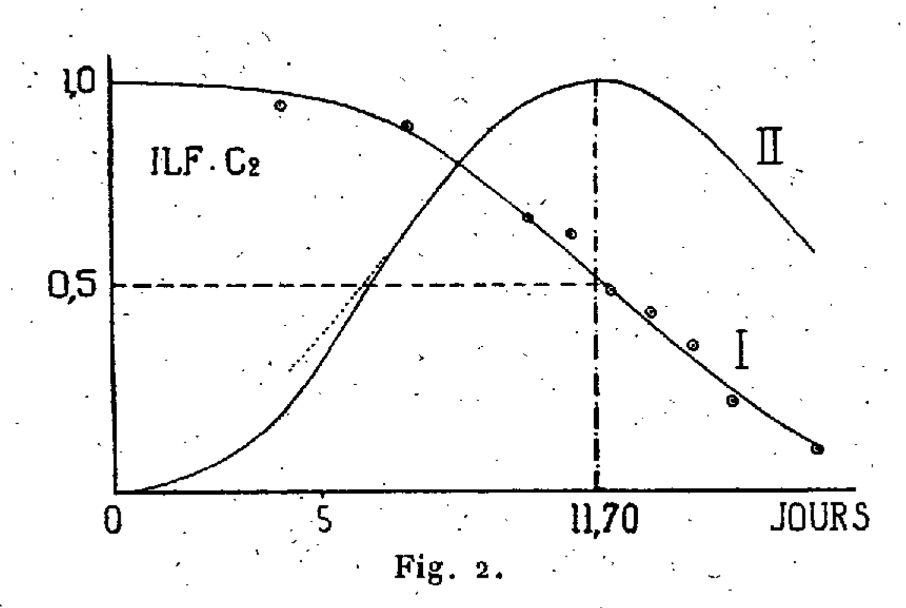


Fig. 2.

Résultats. — 1° Le nombre des trajectoires visibles reste pratiquement constant pendant un temps variable avec la méthode de conservation des plaques, puis décroît plus rapidement et tend ensuite lentement vers zéro. Plusieurs expériences ont permis d'établir les courbes I donnant les variations du nombre des trajectoires en fonction du temps t qui sépare le développement de l'exposition (nombre de trajectoires d'une durée supérieure à t).

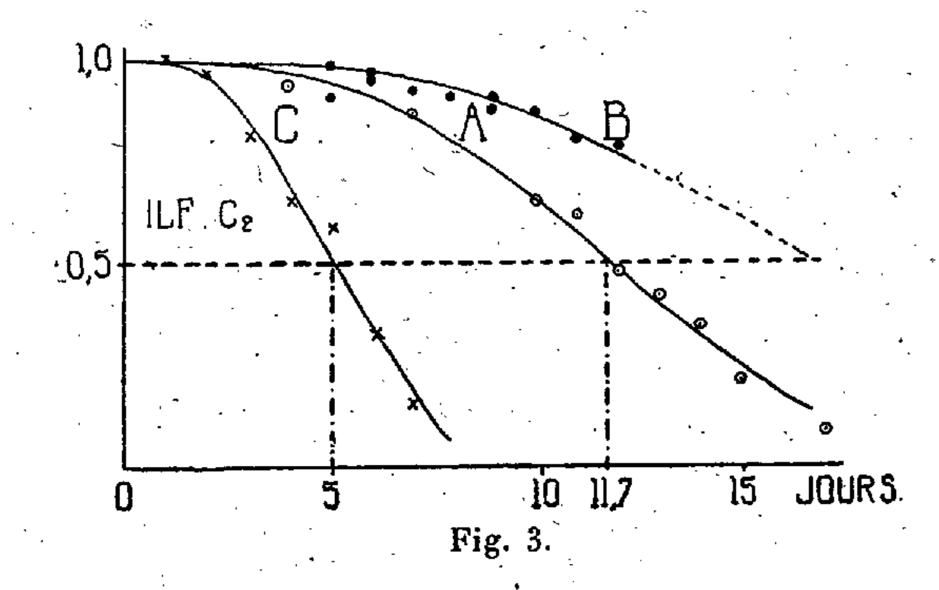


Fig. 3.

2° A partir de ces courbes il a été possible de tracer les courbes II donnant le nombre des trajectoires d'une durée comprise entre $t-\Delta t$ et $t+\Delta t$. *Ces courbes sont du type de Gauss*, avec maximum net pour un temps T (durée la plus probable). Pour un temps t l'écart par rapport à T est $(t-\mathrm{T})$ et les courbes précédentes peuvent être représentées par une équation $n = \mathrm{K}e^{-\frac{(t-\mathrm{T})^2}{\rho^2}}$ sauf pour les écarts trop grands (ρ et K étant des constantes). Sur les figures les courbes en pointillé représentent les parties des courbes de probabilité qui s'écartent des courbes expérimentales. La courbe de Gauss étant définie par sa moyenne T et son écart quadratique moyen (qui dépend de ρ), on peut caractériser les plaques par ces deux nombres fonction de la nature des plaques et du moyen de conservation. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Nature des plaques.	Méthode de conservation.	Durée probable T (jours).	Dispersion ρ.	$\frac{T}{\rho}$.	
Ilford B_1....	Pres. Norm. 12° humidité atmosphér.	8,75	2,3	3,8	fig. 1
Ilford C_2....	Pres. Norm. 17-18° humidité atmosphér.	11,75	7	1,68	fig. 2 et fig. 3 (Courbe A)
Ilford C_2....	Pres. Norm. 14-15° humidité atmosphér.	16,5 (par extrapolation)	10	1,65	fig. 3 (Courbe B)
Ilford C_2....	Pres. Norm. 14-15° conservées au-dessus d'une couche d'eau	5	3	1,66	fig. 3 (Courbe C)

3° *Le rapport* T/ρ *est sensiblement constant pour un type de plaque donné* (résultat confirmé par d'autres expériences). — Il est donc possible de caractériser les plaques par un seul nombre R = (T/ρ) et de préciser les conditions de conservation par la durée probable T. Ces deux nombres suffisent pour tracer les courbes II et par suite les courbes I. Pour un type de plaque donné les courbes I obtenues avec des méthodes de conservation différentes se déduisent les unes des autres quand on connaît T.

4° *L'humidité active considérablement la disparition de l'image latente.* — Des plaques de même nature [Ilford C_2 (T/ρ) = (3/5)] exposées dans les mêmes conditions de température et de pression, mais conservées les unes en atmosphère normale et les autres au-dessus d'une nappe d'eau, ont donné des durées probables de 16,5 et de 5 jours (courbes B et C, *fig.* 3).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la stabilité de quelques thiosulfates complexes par la méthode des échanges isotopiques.* Note (*) de Mlle **Geneviève Scoffier**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Divers auteurs ont déjà utilisé les indicateurs radioactifs pour caractériser la stabilité de complexes minéraux, par la méthode des échanges isotopiques.

(*) Séance du 19 avril 1948.

Il m'a paru intéressant d'appliquer cette méthode aux complexes formés par les thiosulfates de certains métaux pour lesquels les indications purement chimiques sont peu précises.

Les expériences ont porté sur les systèmes :

$K_3[As(S_2O_3)_3]$,	$As_2^{*}O_3 + HCL$ 2N,
$K_3[Sb(S_2O_3)_3]$,	$Sb_2^{*}Cl_3 + HCL$ 2N,
$K_2[Bi(S_2O_3)_3]$,	$Bi_2^{*}Cl_3 + HCL$ 2N,
$Na_2[Cu(S_2O_3)_2]$,	$Cu^{*}SO_4 + HCL$ 0,5N.

(L'astérisque indique le composé contenant l'indicateur radioactif.)

La technique employée était la suivante. Le complexe a été préparé par un procédé approprié [1], précipité par l'alcool et soigneusement lavé, afin d'éliminer tout excès de l'un ou de l'autre des composants, et séché, puis dissous dans 6$^{cm^3}$ d'eau. Une quantité équivalente en métal du sel simple, activé au cyclotron pendant un temps suffisant, a été dissoute dans 10$^{cm^3}$ d'eau acidulée du titre indiqué. Les deux solutions mises en présence ont été immédiatement séparées par précipitation par l'alcool et filtration. Les essais ont montré que l'échange produit pendant ces opérations dont la durée était de dix à douze minutes était déjà pratiquement complet dans le cas du Bi, et très important dans les autres cas.

Le complexe a été ensuite détruit par un acide fort et transformé d'abord en sel simple, puis précipité en oxyde ou sulfure. La même précipitation a été opérée sur le sel du filtrat. Les activités des deux produits ont été mesurées en couche épaisse [2] sur porteurs identiques au compteur de Geiger-Muller.

Les résultats de ces mesures ont été les suivants :

Complexe	d'As	échange à	3° [3]	de 50 à 72 %
»	de Sb	»	3	de 83 %
»	Sb	»	17	95 %
»	Bi	»	17	99 %
»	Cu	»	17	30 %

La stabilité des complexes se présente donc dans l'ordre Bi < Sb < As < Cu.

Pour les trois premiers, elle diminue donc avec l'augmentation du caractère métallique de l'atome central.

---

(1) Les thiosulfates d'As et Sb ont été préparés suivant les indications de Von Szilagyi (*Zeit Anorg Chem.*, **113**, 1922, p. 69); ceux de Bi et Cu, selon le *Mellor Comprehensive Treatise of Inorganic and Theoretical Chemistry*, vol. X.

(2) HAÏSSINSKY et PULLMANN, *Journ. Phys.*, 1946, p. 7.

(3) La précipitation quantitative du complexe d'As n'a lieu qu'à 3°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'origine des bandes qui accompagnent les discontinuités X d'absorption de certains métaux à l'état de sels dissous.* Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'analyse des spectres de rayons X qui constitue la meilleure méthode d'étude de l'électronique des solides, est applicable aux liquides et aux corps dissous. J'ai pu montrer (1) que la discontinuité K du nickel, fournie par des solutions aqueuses de sels du nickel divalent, est accompagnée par des bandes d'absorption dues à plusieurs maxima et minima du coefficient d'absorption; elles s'étendent sur environ 300 eV au delà de la discontinuité principale, vers les grandes énergies; leur allure générale est très analogue à celle des bandes d'absorption du nickel dans les composés solides correspondants. On pouvait se demander si les bandes avaient un caractère atomique ou si elles étaient une manifestation d'un arrangement pseudo-ordonné dans la solution. Il est possible d'attribuer à des transitions de l'électron K vers des états d'excitation liés à l'ion (ici Ni^{++}), les fluctuations d'intensité observables à petite distance de la discontinuité (2). Mais les bandes lointaines dont j'ai signalé l'existence, me paraissent avoir une origine différente et devraient pouvoir donner des informations sur l'organisation des ions et des molécules dans la solution.

Pour mieux comprendre le phénomène, je l'ai recherché dans des circonstances expérimentales différentes et sur d'autres éléments.

Avec les sels de nickel, les variations de concentrations réalisables, en pratique, modifient peu les structures d'absorption. Avec les sels de zinc, il se produit, semble-t-il, un léger déplacement avec la dilution. Mais, dans les deux cas, il s'agit toujours de solutions concentrées. Si l'on passe de la température ordinaire à environ 70° C., à l'aide d'une cuve chauffante convenable, les structures persistent avec la même netteté. Comme la largeur des bandes sombres et claires successives dans le spectre est grande, de l'ordre de plusieurs dizaines d'électronvolts pour les plus lointaines, il est difficile de préciser leur position et de s'assurer de la réalité de leurs petites variations éventuelles.

Des éléments voisins du nickel dans le Tableau périodique ont maintenant été étudiés. Leurs sels dissous donnent eux aussi des bandes d'absorption analogues à celles des composés cristallisés respectifs et d'aspect semblable à l'aspect des bandes des composés solubles du nickel. On obtient encore une raie blanche de très forte absorption (R. B.) et trois bandes sombres α, β, γ séparées par les régions de forte absorption A et B. La bande α comporte 2 maxima et un minimum secondaires. La résolution de α pour Cu et Zn est moins nette que pour Ni; mais il faut remarquer que le pouvoir séparateur dans l'échelle des énergies décroît avec la longueur d'onde. C'est peut-être aussi pourquoi les

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1556.

(2) W. Beeman, et J. Bearden, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 455.

Tableau.

Solutions saturées des chlorures de Ni, Cu et Zn.

		disc. K.	R. B.	α rn.	α min.	α max.	A.	β.	B.	γ.
Ni	λUX.....	1483,1$_3$	1482,21	1480,7	1479,3	1477,7	1473,2	1467,6	1461,6	1450,2
	ΔeV.....	0	5,$\bar{1}$	13,$\bar{5}$	21,$\bar{7}$	31,$\bar{2}$	57	88	123	190
Cu	λUX.....	1376,4$_3$(*)	1375,3$_3$	1373,4	1372,1	1370,6	1366,7	1361,5	1355,0	1347,5
	ΔeV......	0	7,$\bar{2}$	20,$\bar{3}$	28,$\bar{4}$	37,$\bar{9}$	64	97	142	192
Zn	λUX.....	1280,17	1279,6$_4$	1278,2	1277,1	1275,9	1272,8	1269,0	1264,1	1257,5
	ΔeV......	0	4,1	14,$\bar{9}$	23,$\bar{5}$	32,5	57	85	123	175

(*) La discontinuité tombe en deux temps; cette valeur indique sa position moyenne.

bandes sombres du zinc apparaissent comme un peu plus étroites que celles des autres corps; on voit encore un minimum et un maximum au delà de γ.

Si les variations du coefficient d'absorption observées avaient leur origine dans un processus intra-atomique qui fasse intervenir un bilan d'énergie entre des niveaux attachés au nuage électronique, elles devraient se manifester à peu près de même pour des atomes libres; or on admet que les vapeurs, celle de zinc en particulier, ne montrent pas de structures d'absorption lointaines. De plus, les différences de fréquence entre les maxima d'absorption et la discontinuité devraient nettement augmenter avec le numéro atomique Z. On constate sur les nombres du Tableau, relatifs aux chlorures de Ni, Cu et Zn en solution saturée, qu'il n'en est pas ainsi. Les observations rapportées ici sont appuyées par d'autres (³), faites sur l'oxychlorure de zirconium ($Z = 40$) en solution : les bandes α, A, β, B, γ et la raie blanche qui accompagnent la discontinuité K de Zr sont très nettes; les séparations de A et de B à la discontinuité sont du même ordre de grandeur que pour $Z = 28$, 29 ou 30.

Il me semble probable que les bandes d'absorption lointaines observées prennent naissance dans l'interaction des électrons, libérés dans le processus d'absorption du quantum X incident, avec le milieu partiellement organisé que la solution constitue. *Dans les solides*, on interprète schématiquement les variations du coefficient d'absorption à grande distance de la discontinuité, suivant le point de vue de Kronig, en recherchant quelles sont les réflexions sélectives possibles pour l'onde associée à l'électron expulsé de l'atome dans le milieu cristallisé; les directions correspondantes sont interdites à la propagation de l'électron qui aurait (avec les notations habituelles), la vitesse v telle que $\lambda = h/mv$ et $n\lambda = 2d\sin\varphi$; l'absorption d'un quantum qui donnerait

(³) Au cours d'une étude spectrochimique, à paraître, effectuée en collaboration avec K. Mac Taggart, sur la spectrochimie X et Zr de Hf.

l'impulsion mv à l'électron est impossible. Si l'on considère tout l'espace de propagation, des minima d'absorption apparaissent à peu près pour $\varphi = \pi/2$ lorsque l'on donne à d les valeurs relatives aux plans réticulaires de grande densité. On peut interpréter les faits d'expérience analogues avec les solutions, en considérant l'interaction des ondes électroniques associées aux photo-électrons X, avec l'édifice des molécules d'eau autour des ions métalliques polyvalents. Mes résultats sont compatibles avec ceux obtenus, entre autres, par Prins ([4]) pour la diffraction des rayons X dans certaines solutions d'ions lourds. Prins a été conduit à admettre, pour des solutions concentrées de $NiCl_2$ et $ZnCl_2$ en particulier, que les ions métalliques s'entourent bien d'un cortège ordonné de molécules d'eau et qu'il en résulte un *super-arrangement* d'ensemble des divers ions dans la solution. D'autres auteurs ont émis la même hypothèse à la suite d'études des spectres optiques d'absorption ([5]) ou des spectres Raman ([6]) de solutions ioniques. On comprendrait ainsi l'analogie entre le spectre d'absorption X de la solution et celui du solide hydraté, et peut-être l'analogie constatée dans certains cas avec le solide anhydre, vu les diamètres des ions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la structure des fumées de chlorure d'ammonium par diffraction et microscopie électroniques.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat** et Mlle **Arlette Lalœuf**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque se combinent en donnant du chlorure d'ammonium avec production d'abondantes fumées ; on réalise ainsi des nuages ou brumes artificiels qui ont été utilisés notamment durant la guerre de 1914-1918 pour masquer des opérations navales.

De telles fumées sont en réalité constituées de particules solides extrêmement fines en suspension dans l'atmosphère ; elles sont donc *a priori* justiciables des techniques de *diffraction* et de *microscopie électroniques*. C'est ce que nous avons vérifié expérimentalement.

A cet effet, une mince pellicule de collodion (épaisseur 15 millimicrons) est disposée sur une grille fine en nickel et promenée quelques instants dans la fumée produite au voisinage de deux récipients contenant l'un, de l'acide chlorhydrique, l'autre, une solution d'ammoniaque. Examinée au microscope, cette pellicule ne montre aucun dépôt, à l'exception parfois de quelques très fins granules espacés d'une dimension de l'ordre du micron. Cependant, si la pellicule est placée dans un *diffracteur électronique*, il apparaît aussitôt un magni-

([4]) J. A. Prins et R. Fonteyne, *Physica*, II, 9, 1935, p. 1016.
([5]) S. I. Weissman et S. Freed, *Jour. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 227 et 840.
([6]) A. Rousset, R. Lochet et P. Magne, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 270.

(*) Séance du 28 juin 1948.

fique diagramme (*fig.* 1) constitué d'une série d'anneaux extrêmement nets et fins; il ne s'atténue et ne disparaît par dissociation du NH_4Cl dans le vide qu'après plusieurs jours.

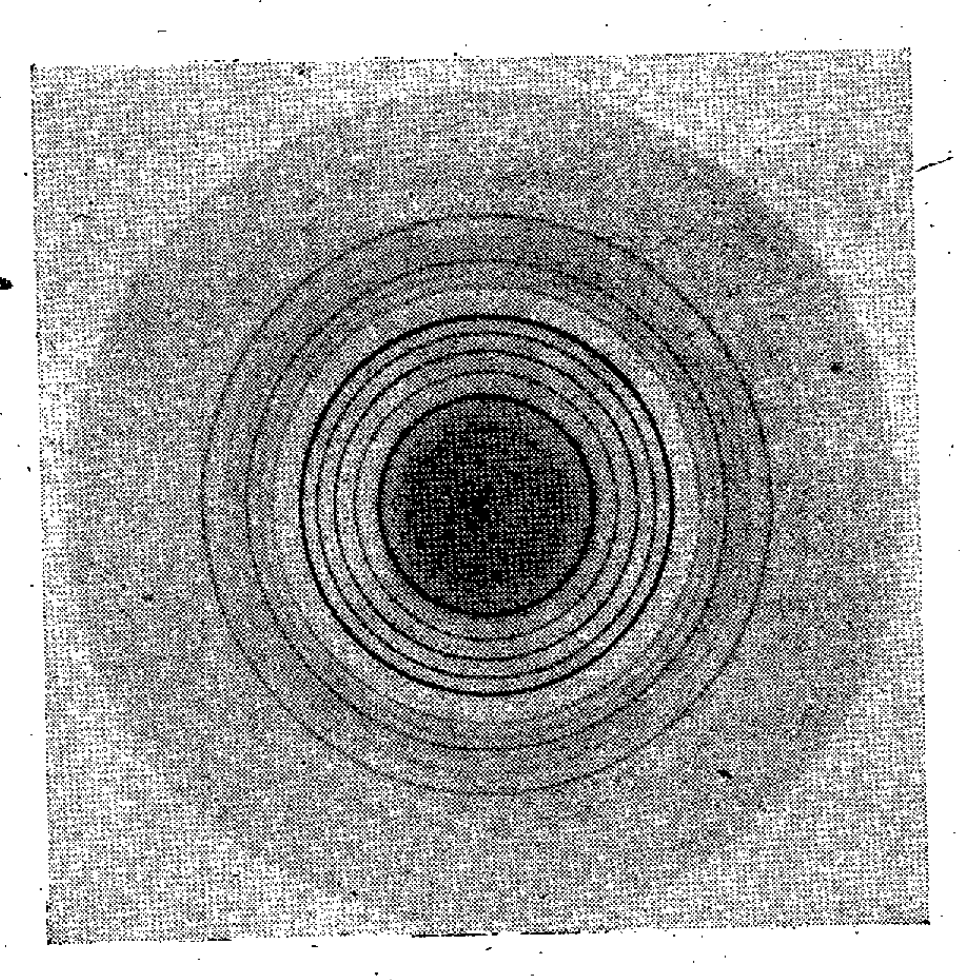


Fig. 1. — NH_4Cl.
Diagramme électronique, 40 kV; 0,5 mA; pose une seconde.
Diffractogr. électronique Trub Tauber.

L'étude détaillée de ces diagrammes permet de calculer avec une grande précision la maille cristallographique; on trouve que le réseau est cubique simple du type Cs Cl, avec $a = 3,863 \pm 0,003$ Å. La valeur donnée par les rayons X, pour des cristaux macroscopiques, est : $a = 3,86_6$ Å, en parfait accord avec nos résultats.

Ainsi l'analyse électronique prouve que les fumées de NH_4Cl sont constituées de très petits cristaux cubiques, se déposant au hasard sur les obstacles rencontrés. L'examen de ces dépôts de fumées de NH_4Cl a été effectué également au *microscope électronique*, et confirme en les complétant les résultats de la diffraction électronique. La pellicule supportant le dépôt est ombrée dans le vide sous une incidence d'environ 30° au moyen de vapeur d'or (méthode du « Shadow »), de façon à accentuer les contrastes; les clichés obtenus au grossissement 8000 (*fig.* 2 et 3) montrent une répartition très homogène des grains.

Suivant les cas (durée de l'immersion dans la fumée, densité de celle-ci, etc.), les dimensions de ces grains varient entre 0,09 μ et 0,3 μ; la mesure de l'ombre portée permet de montrer que leur hauteur est du même ordre de grandeur, et qu'il s'agit donc de particules sensiblement sphériques. Il apparaît parfois de place en place de gros agglomérats isolés d'environ un

micron de diamètre ou davantage, qui sont ceux que l'on peut apercevoir au microscope ordinaire (*voir* plus haut et *fig.* 2).

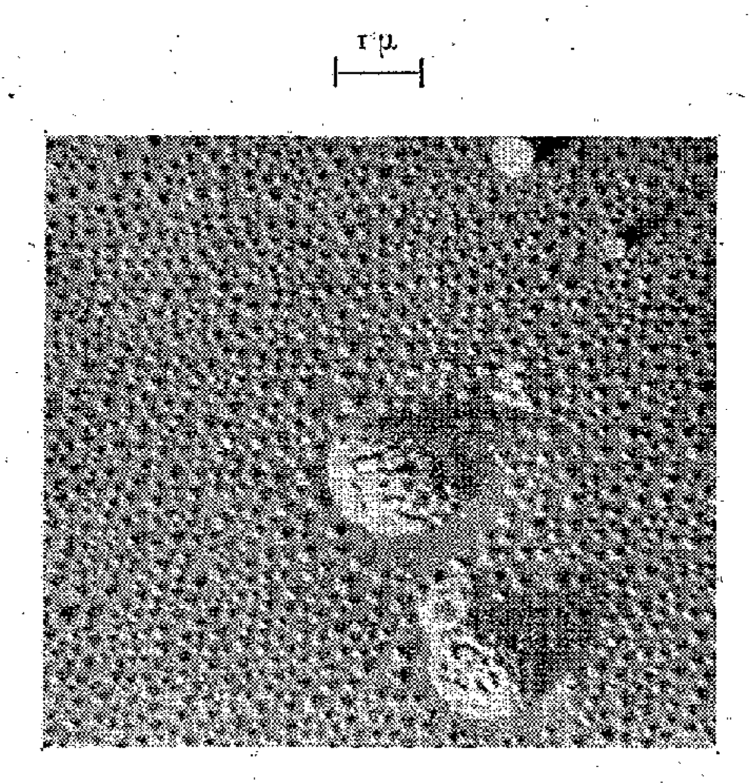


Fig. 2. — NH_4Cl.
Gr. × 8000.
Diam. moy. : 0,09 micron.
(Microsc. électron. CSF.)

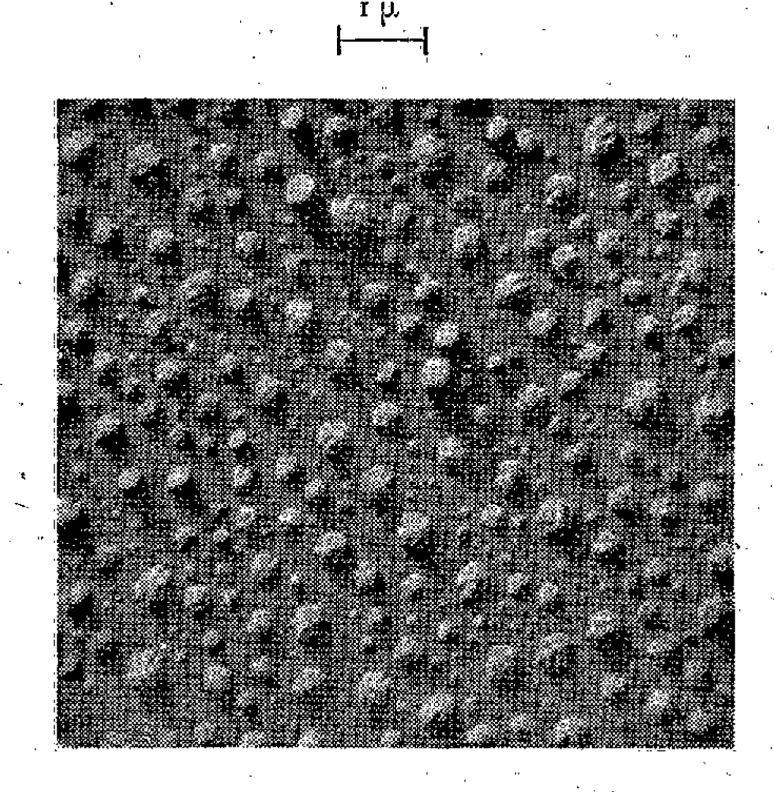


Fig. 3. — NH_4Cl.
Gr. × 7000.
Diam. moy. : 0,3 micron.
(Microsc. électron. CSF.)

On voit donc que le dépôt est constitué de particules solides, de forme sphéroïdale et non cubique comme on aurait pu s'y attendre d'après les diagrammes électroniques. Cela signifie que ces particules sont elles-mêmes constituées d'une agglomération de très petits cristaux cubiques; le faisceau électronique utilisé pour la diffraction ayant un diamètre de 15/100 de millimètre, le nombre de grains diffractants est donc considérable (au grossissement 8000, la section du faisceau serait représentée par un cercle de 1^m20 de rayon), ce qui explique la finesse remarquable des anneaux de diffraction et le haut pouvoir de résolution du dépôt.

De telles préparations de NH_4Cl, très facilement reproductibles sans aucune précaution spéciale, sont particulièrement intéressantes pour l'étalonnage précis en longueur d'onde ou en tension d'un diffractographe électronique, ainsi que pour le réglage et la mise au point d'un microscope électronique.

Nous avons également employé cette technique des fumées pour l'étude d'oxydes de très nombreux métaux; ce travail sera publié ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés de quelques solutions macromoléculaires ionisées.* Note de Mme **Fanny Boyer-Kawenoki**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La théorie des solutions colloïdales (ou macromoléculaires) non ionisées est relativement simple. A une dilution suffisante, chaque molécule est une unité

cinétique et les lois des solutions ordinaires non ionisées sont applicables. Au contraire, lorsque la particule colloïdale est ionisée, le fait qu'elle donne naissance à un très gros ion de valence élevée, neutralisé par de nombreux ions de petite taille, interdit l'application des théories ordinaires des électrolytes, quelle que soit la dilution; il en résulte des difficultés qui, posées depuis quarante ans, ne sont pas encore résolues.

Pendant longtemps, les seules solutions colloïdales ionisées accessibles à l'expérience ont été celles des protéines et de quelques polysaccharides naturels dont la constitution est mal connue. La nature amphotère des protéines complique les phénomènes; on peut espérer qu'ils seront plus simples avec des macromolécules de synthèse ne donnant que des ions d'un seul signe. Cette voie a été suivie déjà par Staudinger (¹) et Kern (²) qui ont étudié l'acide polyacrylique et les polyacrylates.

J'ai d'abord retrouvé, puis étendu leurs résultats. Les variations de la pression osmotique et de la viscosité aux grandes dilutions sont, pour ces corps, différentes de ce qu'elles sont pour des macromolécules non ionisées. Pour celles-ci, le rapport $(\eta-\eta_0)/\eta_0 c$ qui fixe la viscosité intrinsèque, et le rapport P/c qui donne le poids moléculaire, P étant la pression osmotique et c la concentration, tendent vers une limite quand la concentration décroît indéfiniment. Au contraire, pour l'acide polyacrylique en solution aqueuse, ce rapport augmente rapidement aux grandes dilutions et semble devenir sinon infini, du moins très grand pour une dilution infinie. Les deux effets paraissent attribuables à la dissociation électrolytique croissante de l'acide, qui scinde une molécule en un nombre de plus en plus grand d'unités cinétiques; et peut-être à l'effet électrocinétique de Smoluchowski. Mais il serait vain de vouloir interpréter les nombres par la théorie, les conditions qu'elle pose étant loin d'être remplies.

La forme des courbes de pression osmotique et de viscosité interdit l'extrapolation pour une concentration nulle, et le calcul du poids moléculaire. Si l'anomalie est bien due à la dissociation électrolytique, on peut espérer qu'on la fera disparaître en supprimant cette dissociation. On peut y arriver de deux manières. Si l'on dissout l'acide polyacrylique dans de l'acétone contenant 13 % d'eau, dont le pouvoir dissociant est inférieur à celui de l'eau, l'anomalie s'atténue en effet beaucoup; mais on ne peut pas la faire disparaître de cette manière, le produit étant insoluble dans les solvants non ionisants. Par contre, elle disparaît si l'on emploie comme solvant une solution aqueuse d'acide chlorhydrique entre 1,2 et 1,5 N. Les deux courbes de pression osmotique et de viscosité ont alors la forme normale que donne les molécules non ionisées, et le calcul du poids moléculaire devient possible. Il est même facilité par le

(¹) SLAUDINGER et KOHLSCHUTTER, *Berichte*, 64, 1931, p. 2091.
(²) KERN, *Zeits. Phys. Chem.*, 181 A, 1938, p. 249.

fait que, dans ces solutions, l'acide polyacrylique est à l'état de précoacervation. Je rappelle que l'on désigne ainsi l'état d'une macromolécule dans un solvant très voisin de celui qui amène la coacervation; la pression osmotique est alors, comme l'a montré Dobry ([3]), presque proportionnelle à la concentration, ce qui facilite l'extrapolation à l'origine. J'ai ainsi trouvé pour deux fractions d'acide polyacrylique les poids moléculaires 66 000 et 180 000.

Pour réaliser le fractionnement, j'ai employé la coacervation. Elle se produit dans des solutions aqueuses de HCl, PO_4H_3, PO_4K_2H, $SO_4(NH_4)_2$. En additionnant progressivement de HCl, on obtient des fractions de poids moléculaire de plus en plus faible; la première se forme dans l'acide 1,5 N et la dernière au-dessus de 4 N. Comme il est normal, la viscosité est d'autant plus grande à concentration égale que le poids moléculaire est plus élevé.

Ces résultats, relatifs à l'acide polyacrylique, ont été étendus à la polyvinylamine de fonction basique. La viscosité et la pression osmotique du chlorhydrate de polyvinylamine présentent la même anomalie de croissance rapide aux grandes dilutions. La solution coacerve par addition d'acide chlorhydrique ou de soude. Dans l'état précoacervé l'anomalie disparaît et la mesure du poids moléculaire est possible; j'ai trouvé 490000.

Ainsi l'acide polyacrylique et la polyvinylamine, de fonctions opposées, se comportent de la même manière. Il est remarquable que les protéines, qui portent simultanément les deux fonctions, ne présentent d'anomalie analogue ni pour la pression osmotique ni pour la viscosité. La différence peut tenir aux interactions entre les éléments de la macromolécule.

Aussi bien pour l'acide polyacrylique que pour la polyvinylamine, la rétrogradation de la dissociation électrolytique est accompagnée d'un effondrement de la viscosité qui peut tomber au centième [chlorhydrate de polyvinylamine : $(\eta - \eta_0)/\eta_0 c$ pour 0,1 % passe de 30 dans l'eau à 0,33 dans HCl 1,5 N]. Cette variation est réversible : le pelotonnement des molécules en est la principale raison. La pression osmotique varie dans les mêmes proportions. Ainsi aux grandes dilutions la molécule se scinde en plus de 100 unités cinétiques; une macromolécule ionisée peut donc donner naissance à un ion de valence très élevée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation comparée des naphtols par le permanganate de potassium.* Note (*) de MM. **Alfred Leman** et **Michel Delannoy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons appliqué à l'α-naphtol et à deux dérivés du β-naphtol, le β-dinaphtol (dihydroxy-2.2'-dinaphtyle-1.1') et l'acide crocéique (acide

([3]) Dobry, *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 102.

(*) Séance du 28 juin 1948.

hydroxynaphtalène-sulfonique-2.8), la méthode d'oxydation mise au point pour l'acide phtalique [1] et le β-naphtol [2].

Nous faisons réagir en milieu sulfurique (pH initiaux : 1,8, 1,4, 0,8, 0) un excès de MnO_4K 0,1 N., et arrêtons l'oxydation, à des temps déterminés, par SO_4Fe dans des essais à 14°, par $C_2O_4H_2$ dans des essais à 50 ou 80°.

1°. *Oxydation à* 14°. — En général les taux d'oxydation sont les mêmes pour le β-naphtol et le dinaphtol, inférieurs de 20 à 30 % pour l'α-naphtol; les taux de l'acide crocéique sont intermédiaires, proches de ceux de l'α-naphtol au début, plus élevés par la suite.

Au début l'oxydation est *très rapide*; en moins de 1 minute le taux atteint 30 % pour les deux naphtols, 25 % pour l'acide crocéique. On arrive ensuite à un *palier de résistance*, dont la valeur est très différente suivant la position de l'hydroxyle : 36 % pour l'α-naphtol, 60 à 65 % pour le β-naphtol et le dinaphtol; l'acide crocéique ne présente pas de palier, mais l'oxydation est très lente entre 40 (20 minutes) et 60 % (120 minutes). Le palier est atteint plus rapidement, pour le β-naphtol et le dinaphtol, en milieu fortement acide, en 10 minutes au pH 0, et 30 minutes au pH 1,4; pour l'α-naphtol et l'acide crocéique, le palier est atteint en 10 minutes quelle que soit l'acidité.

Après 2 *heures* de réaction le taux est de 45 pour l'α-naphtol, 52 pour l'acide crocéique, 72 pour le β-naphtol et le dinaphtol.

2° *Oxydation à* 50°. — La température est un facteur d'activation. Nous retrouvons l'identité des taux du β-naphtol et du dinaphtol; ceux de l'α-naphtol et de l'acide crocéique sont encore notablement inférieurs, mais la différence des taux augmente avec la durée de réaction pour l'acide crocéique, au contraire de l'α-naphtol.

A 50°		pH 1,8						pH 0					
Durée (min.)		0,75.	5.	10.	20.	30.	60.	0,75.	5.	10.	20.	30.	60.
Taux %	α-naphtol	35	46	53	66	73	90	31	39	42	47	48	53,5
	ac. crocéique	35	55	60	65	68	78	37	52	–	59	62	73
	dinaphtol	32	–	71	77	82	94	41	–	69	72	73	79
	β-naphtol	43	65	71	81	82	92	43	66	69	73	74	79

L'acidité freine l'oxydation qui progresse rapidement en milieu faiblement acide, lentement en milieu fortement acide. Pour le β-naphtol et le dinaphtol le taux de 65 % (palier à froid) est atteint en 5 minutes, mais en 60 minutes il est de 92 au pH 1,8 et 79 au pH 0. Pour l'α-naphtol, en 60 minutes, le taux égale 90 (pH 1,8), 65 (pH 1,4), 61 (pH 0,8) et 53,5 (pH 0); pour l'acide crocéique, aux pH extrêmes, 78 et 63.

---

(1) A. Leman et M. Delannoy, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 322-324.

(2) M. Delannoy, *Id.*, **222**, 1946, p. 141-143.

3. *Oxydation à* 80°. — En milieu faiblement acide (pH 1,8) la vitesse d'oxydation du β-naphtol semble légèrement supérieure à celle du dinaphtol; elle lui est égale pour les pH 1,4 à 0.

A 80°.		pH 1,8.						pH 0.					
Durée (min)		0,75.	5.	10.	20.	30.	60.	0,75.	5.	10.	20.	30.	60.
Taux %	α-naphtol	39	69	88	93	96	100	36	47	59	63	74	92
	acide crocéique	45	74	82	89	92	97	51	62	65	73	77	92
	dinaphtol	35	–	85	91	96	100	45	–	79	85	–	99,6
	β-naphtol	43	88	95	100	–	–	35	77	79	84	88	100

L'acidité freine l'oxydation, mais davantage pour l'α- que pour le β-naphtol; en milieu fortement acide les taux d'oxydation de l'α-naphtol sont inférieurs à ceux de l'acide crocéique, alors qu'ils sont plus élevés en milieu faiblement acide.

Nos résultats permettent de déterminer les conditions d'une *oxydation totale*, donc du *dosage de la fonction naphtol;* par exemple, avec MnO_4K 0,1 N en excès, il faut chauffer pendant 60 minutes à 80° en milieu faiblement acide (pH initial 1,8).

L'ensemble de ces résultats peut s'expliquer par la formation, en *quantité différente*, de l'*acide phtalique intermédiaire*, difficilement oxydable à chaud en milieu acide [1]. L'α-naphtol fournit une molécule par molécule. Le β-naphtol passe vraisemblablement, au moins en majeure partie, par le stade dinaphtol au début de l'oxydation; le dinaphtol ne fournirait qu'une molécule d'acide phtalique pour deux cycles naphtaléniques.

Conclusions. — 1° L'oxydation par MnO_4K 0,1 N du *β-naphtol* et du *dinaphtol* correspondant se fait sensiblement à la même vitesse, sauf à 80° en milieu faiblement acide où le β-naphtol s'oxyde plus rapidement.

2° La vitesse d'oxydation de l'*α-naphtol* est nettement inférieure à celle du β-naphtol; celle de l'*acide crocéique* est généralement intermédiaire : la présence d'un groupe sulfo dans la molécule du β-naphtol en position cata (2.8) confère à l'ensemble une plus grande résistance à l'oxydation.

3° Après une oxydation rapide au taux de 25 à 30 on rencontre *un palier de résistance* vers 36 pour l'α-naphtol, 52 pour l'acide crocéique, 65 pour le β-naphtol et le dinaphtol; ce palier n'est que faiblement dépassé à 14° après 3 heures de réaction.

4° A chaud une *acidité forte freine* énergiquement l'oxydation.

5° A 50° le palier de résistance est dépassé en 5 minutes, mais la vitesse d'oxydation est ensuite beaucoup plus faible en milieu fortement acide pour les deux naphtols; celle de l'acide crocéique reste longtemps assez faible.

6° A 80° on aboutit, en 60 minutes, à l'oxydation totale à condition d'opérer en milieu faiblement acide.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE — *Mécanisme de la précipitation dans les alliages ternaire* Al-Si-Mg *et quaternaire* Al-Cu-Si-Mg. Note de MM. **André Guinier** et **Honoré Lambot**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons abordé l'étude du mécanisme de la précipitation de l'alliage ternaire Al-Si-Mg par la technique des diagrammes de diffusion des rayons X qui a été utilisée par l'un de nous pour l'étude de systèmes binaires à base d'aluminium (Al-Cu, Al-Ag, Al-Zn) (1).

Le diagramme de cet alliage ternaire montre que le précipité stable est le composé Mg_2Si, qui peut se dissoudre à proportion maximum de 1,85 % à 595°. Nous avons utilisé un alliage à 0,48 % Si et 0,50 % Mg rendu homogène par chauffage à 525°. Des diagrammes de diffusion de rayons X ont été faits sur un monocristal avec le rayonnement MoKα monochromatique. Le cristal a été soumis à des revenus progressifs jusqu'à précipitation complète.

D'après les résultats obtenus sur les alliages binaires, on prévoit que la première phase se produisant par vieillissement à la température ambiante est le rassemblement des atomes Si et Mg en petits amas aux nœuds du réseau. Mais, étant donnée la faible différence des pouvoirs de diffusion de ces deux éléments et de l'aluminium, il n'est pas possible de mettre en évidence ces amas. Pourtant leur présence est démontrée par l'augmentation de dureté de l'alliage par vieillissement à froid.

La première apparition d'une diffusion anormale se produit au cours d'un revenu vers 150°. Nous avons trouvé un type de diffusion que nous n'avions pas encore rencontré. Les zones de diffusion dans l'espace réciproque sont *les trois familles de plan* ((100)), l'intensité étant sensiblement constante sur toute leur surface. Dans l'espace cristallin, cela correspond à trois réseaux linéaires, parallèles aux axes $\ll 100 \gg$ et ayant une période d'identité égale à la distance d_{100} de la solution solide. L'épaisseur de ces zones planes de diffusion est très faible, ce qui prouve que ces réseaux linéaires ont une grande longueur (plusieurs centaines d'angströms).

Quand le revenu est poursuivi de 200° à 250°, les zones planes de diffusion subsistent mais l'intensité de la diffusion ne reste pas constante dans tout le plan. Les lieux de renforcement sont proches des rangées $\ll 100 \gg$ de l'alumium sans leur être exactement confondus; il y a, d'autre part, des portions de plans comprises entre deux rangées consécutives sans diffusion.

Enfin les taches de diffraction de Mg_2Si apparaissent à partir de 300°. Elles sont situées en dehors des lieux de diffusion précédemment observés; elles sont

(1) *Journ. Phys.*, 8, 1942, p. 124; *Métaux et Corrosion*, 18, 1943, p. 209.

nettes dès leur apparition et se renforcent progressivement quand on pousse le revenu jusqu'à 350°. Au-dessus de cette température, il y a commencement de redissolution du précipité. Même avec l'échantillon stationnaire, les taches de diffraction sont nombreuses, ce qui prouve que l'orientation des nouveaux cristaux par rapport à la matrice n'est pas déterminée par une épitaxie rigoureuse. Il semble que la relation générale satisfaite pour tous les cristaux du précipité est qu'un axe $< 110 >$ Mg_2Si soit confondu avec un axe $< 100 >$ Al. Nous n'avons pas trouvé de taches de diffraction indiquant l'apparition d'une phase intermédiaire à structure cristalline bien définie et différente de la structure classique de Mg_2Si.

Nous proposons l'interprétation suivante, encore partielle d'ailleurs. Le fait caractéristique du système est que le précipité Mg_2Si a un caractère ionique accusé, donc que les éléments s'y trouvent à l'état électronique d'ions Mg^{++} et Si^{----} très différent de celui des atomes métalliques. Cette modification doit se faire quand les deux atomes se trouvent en présence dans les premiers amas, et immédiatement les liaisons électrostatiques ont tendance à les ordonner les uns par rapport aux autres. L'expérience montre que cet ordonnancement consiste en la formation de longues files. On remarque que la distance de deux voisins dans le réseau de Al (2,86 Å) est proche de la distance Si-Mg de Mg_2Si (2,76 Å). Si, dans le réseau de la solution solide on dispose une file d'atomes Si sur une rangée $< 100 >$ et deux files d'atomes Mg sur les rangées $< 100 >$ contiguës et coplanaires, on reproduit sans grande déformation la chaîne des ions existant dans le cristal Mg_2Si le long de l'axe $< 110 >$. C'est donc là une disposition possible des atomes Mg et Si à l'état ionique, ceux-ci restant cependant aux nœuds de la solution solide. En réalité, des perturbations se produisent certainement, mais en admettant que celles-ci laissent intacte seulement la périodicité le long de l'axe de la chaîne, on rend compte des diffusions observées dans les plans ((100)) de l'espace réciproque. Une fois les chaînes formées, elles s'ordonnent entre elles progressivement, ce qui se traduit par des variations d'intensité dans la surface des plans de diffusion.

Mais l'état de ces amas n'est pas stable; à plus haute température, des germes du cristal Mg_2Si à symétrie cubique apparaissent, point de départ de la croissance des cristaux du précipité. Tous ces germes ont leur axe $\ll 110 \gg$ suivant $\ll 100 \gg$ Al, ce qui explique l'orientation observée pour les cristaux du précipité. Il s'agit donc là d'une *épitaxie linéaire*, alors que l'épitaxie classique est planaire.

Dans l'alliage quaternaire Al-Cu-Si-Mg il semble qu'il y ait superposition de deux phénomènes : une précipitation analogue à celle du système Al-Cu et une précipitation du type Al-Si-Mg mais conduisant au composé quaternaire $CuMg_5Si_4Al_4$ au lieu de Mg_2Si.

GÉOLOGIE. — *Anomalies de la pesanteur et tectonique profonde des Pyrénées.* Note (*) de M. **Henri de Cizancourt**, présentée par M. Pierre Lejay.

L'existence d'un minimum gravimétrique caractérisé par une anomalie de Bouguer atteignant environ 120^{mgals} dans la partie centrale des Pyrénées est connue depuis longtemps, mais des travaux récents en territoire français entrepris par la Compagnie Générale de Géophysique ont mis en évidence une perturbation positive, sensiblement rectiligne qui s'étend du Labourd à la Garonne en suivant le fossé nord-pyrénéen.

L'anomalie de Bouguer observée est ainsi la somme de deux anomalies, l'une négative et l'autre positive, qui peuvent être envisagées séparément. L'interprétation structurale a été conduite suivant une hypothèse générale que j'ai développée ailleurs (¹) et qui conduit à envisager l'existence d'une tectonique profonde intéressant l'asthénosphère sur une épaisseur de l'ordre de 100^{km}.

L'anomalie négative correspond alors à un vaste synclinal sensiblement symétrique et limité par des dislocations dont la position, déduite des observations gravimétriques, coïncide d'une façon satisfaisante, dans la partie centrale des Pyrénées, avec la limite sud de la zone axiale et avec la limite Nord de la zone Nord pyrénéenne. Cette anomalie disparaît vers l'Ouest et vers l'Est. A l'Ouest, d'après les données encore trop sommaires du réseau espagnol, elle s'atténue progressivement; à l'Est, elle est interrompue en Méditerranée, par une zone d'anomalies positives de la pesanteur de direction NE-SW, correspondant à un élément structural anticlinal du type défini dans ma Note précédente (²).

On ne peut donc pas à proprement parler envisager une prolongation des Pyrénées en Méditerranée, comme certains auteurs ont voulu le faire.

L'anomalie positive Nord pyrénéenne atteint 60 à 90^{mgals}. Par son allure symétrique et régulière elle se prête parfaitement à une interprétation géométrique. Dans une hypothèse cylindrique elle correspondrait à un cylindre dont l'axe serait à une profondeur de 12 à 18^{km} suivant les régions et d'environ 7^{km} de rayon pour une différence de densité de 0,5. On obtiendrait d'ailleurs un résultat sensiblement analogue avec une forme prismatique centrée sur ce cylindre. Quelle que soit la forme exacte, on peut conclure en remarquant que cette anomalie, indépendante des conditions géologiques superficielles, se poursuit sans être influencée par eux, à travers le massif cristallin du Labourd, le synclinal de flysch crétacé de Mauléon, et la zone Nord pyrénéenne. Elle ne

(*) Séance du 21 juin 1948.

(¹) *La tectonique profonde de la Syrie et du Liban, essai d'interprétation géologique des mesures gravimétriques*, Beyrouth (à l'impression).

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2164.

peut donc pas correspondre à une influence superficielle. La valeur élevée (³) de la masse perturbatrice suggérerait donc une intrusion batholitique profonde; enfin on connaît en surface dans la zone intéressée, des massifs de lherzolite, des filons de théralite et des régions ayant subi un certain métamorphisme, qui confirment dans une certaine mesure l'interprétation précédente.

Ces résultats sont fondés sur les hypothèses dont la vraisemblance résultera de la comparaison entre les conclusions que l'on peut en tirer et les observations. On constate alors que l'équilibre isostatique déduit de ces hypothèses est réalisé d'une façon à peu près parfaite dans les Pyrénées.

L'anomalie positive, de même que le fossé Nord pyrénéen, ont une allure rectiligne dont la direction générale correspond très sensiblement à une des directions privilégiées de fractures déterminées par les méthodes statistiques (⁴); on est donc amené à supposer que la zone Nord pyrénéenne a constitué, au moins à une certaine époque, disons au crétacé inférieur, qui a été la période de subsidence et de comblement, un véritable fossé qui ne devait pas être sans analogies avec certains fossés actuels du Pacifique, quoique à une échelle plus modeste.

On peut donc penser que dans l'évolution structurale des Pyrénées, le synclinal de fond a commencé par se marquer en surface d'une façon très dissymétrique par l'ouverture du fossé Nord pyrénéen et par celui d'une zone Sud pyrénéenne généralement moins développée. Bullard a déjà montré comment ce mécanisme a pu se réaliser dans le cas des fossés africains.

L'existence d'une dépression sur le front Nord des Pyrénées combinée avec la présence de l'une des surfaces de dislocation limitant le synclinal de fond a créé un affaiblissement de la croûte qui a facilité la montée et l'intrusion de roches venues de la profondeur.

Il est assez remarquable de constater que malgré leur allure tectonique si différente en surface, les Alpes et les Pyrénées montrent une disposition profonde très analogue : l'une et l'autre chaînes correspondent à un vaste synclinal de fond intéressant les roches de l'asthénosphère sur une épaisseur de 100 à 120^{km}. Les intrusions basiques correspondent aux passages des dislocations profondes et se marquent dans les Alpes par l'anomalie positive de la zone d'Ivrée. La principale différence réside dans le fait qu'en surface le synclinal de fond alpin a été plus déprimé et plus replissé tandis que les Pyrénées possèdent un bombement axial d'allure plus simple, mais ce sont là des différences superficielles n'intéressant que les premiers kilomètres de la croûte et non des différences organiques. La distinction des chaînes géosynclinales et de plis de fond, au sens proposé par Argand et ses

(³) Mais néanmoins d'un ordre de grandeur beaucoup plus faible que celle des anomalies méditerranéennes.

(⁴) H. de CIZANCOURT, *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 2, 1947, nos 1, 2, 3, 5.

successeurs, demande donc à être sérieusement revisée et amendée, et par leur structure restée très schématique, les Pyrénées constituent une illustration particulièrement claire du mécanisme des plis et des intrusions.

LITHOLOGIE. — *Caractères pétrographiques des laves miocènes des environs de Clermont-Ferrand.* Note (*) de M. **Robert Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai signalé que les coulées de lave qui couronnent le Plateau de Gergovia sont constituées par des roches assez rares : des basanites analcimiques à biotite. Il m'a semblé intéressant de comparer au point de vue pétrographique la basanite sup. de Gergovia et le *basalte* qui forme le sommet du plateau voisin des Côtes de Clermont, en raison de la similitude absolue de la position stratigraphique de ces deux coulées ([2]). La composition minéralogique de cette roche est la suivante :

Phénocristaux. — Olivine : cristaux idiomorphes très nombreux et de petites dimensions passant progressivement aux microlites; la mesure de l'angle des axes montre qu'il s'agit d'une olivine à 30% de Fe_2SiO_4. Augite : gros cristaux idiomorphes, en très petit nombre.

Pâte. — Nombreux microlites de labrador à 44% d'albite. Microlites d'augite et d'olivine. Verre peu abondant, incolore.

Minerais. — Très nombreux granules de magnétite, disséminés dans toute la masse et de dimensions variables.

Minéraux accessoires. — Quelques plages de calcite grenue remplissant secondairement les rares vacuoles de la roche. Très petites paillettes de biotite.

Structure. — Porphyrique, à pâte microlitique doléritique et faiblement hyalopilitique.

Cette roche diffère des basanites précédemment étudiées par l'absence d'analcime, d'augite titanifère, par la présence de labrador au lieu d'andésine, et par sa pauvreté en verre.

Andésite labradorique téphritique. — (Versant Sud du Plateau des Côtes de Clermont). An. nouv. Prugnard. II (III).5 (6).4.3.['2.4.1'.2'].

Si_2O.	Al_2O_3.	Fe_2O_3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	TiO_2.	P_2O_5.	MnO.	HO_2+.	H_2O–.	Total.
41,4	19,9	tr.	7,7	9,0	11,2	1,5	2,3	3,3	0,8	0,2	1,7	0,2	99,2

Le calcul de la norme américaine à partir de l'analyse ci-dessus montre que la teneur en barylites est seulement de 35,76 %. D'après la nomenclature de A. Lacroix, il ne s'agirait donc pas d'un basalte comme on le croyait jusqu'ici, mais d'une andésite dont l'apparence basaltique peut s'expliquer par la grande

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1948, p. 2159.

([2]) J. Jung, *Mém. pour servir à l'exploitation de la carte géologique détaillée de la France*, 1946, § 119 et 120.

dissémination de la magnétite dans la pâte. En outre, le calcul met en évidence une quantité de néphéline atteignant 6,25 %; mais ce minéral est resté à l'état potentiel dans le verre. Il s'agit donc d'une *andésite labradorique téphritique*. De telles roches, assez fréquentes dans le massif du Mont-Dore ([3]), n'avaient pas été jusqu'à présent signalées en Limagne.

Il est intéressant de constater que plusieurs coulées burdigaliennes des environs de Clermont-Ferrand sont constituées par des laves à déficit de silice plus ou moins accentué et que, pour certaines d'entre elles, ce déficit s'exprime par la présence d'un feldspathoïde peu fréquent dans de telles roches, l'analcime. De nombreuses coulées de lave à déficit de silice étant connues dans d'autres régions de la Limagne (basanites, téphrites, phonolites de la Comté d'Auvergne, néphélinites du Puy de Saint Sandoux, etc.), on peut conclure que le volcanisme tertiaire de la Limagne appartient en gros à une série faiblement alcaline, ce qui l'apparente magmatiquement au volcanisme du Mont-Dore et du Cantal, et non à celui de la Chaîne des Puys de tendance calcoalcaline.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la localisation de la région ionisée dite* E *sporadique de la haute atmosphère*. Note de M. **Pierre Revirieux**, présentée par M. Pierre Lejay.

D'intéressantes manifestations de la couche E sporadique ont pu être notées durant le mois de juin. En Europe, de nombreuses communications radioélectriques bilatérales ont été réalisées à des distances de 1000^{km} et sur des fréquences voisines de 60 Mc/s (émissions effectuées par des amateurs dans la bande 58,5-60 Mc/s).

1° *Localisation de couches sporadiques limitées*. — Le 27 juin, de 15 à 19 h. T. M. G., il a été possible, pendant 4 heures consécutives, de correspondre sans interruption, à partir de la région parisienne, avec de nombreux amateurs tchécoslovaques situés dans la région de Prague, sans qu'aucune station d'aucune autre nationalité puisse être entendue. Les correspondants tchèques signalant une puissance H. F. de 50 W, étaient reçus avec des champs de 20 à 100 μV; c'est-à-dire que l'absorption, au cours de la propagation, était excessivement réduite. Les émissions effectuées à Meudon avec 30 W étaient également reçues par ces correspondants avec une très forte intensité.

Le lendemain, 28 juin, de 17 à 19^{h} T.M.G., les stations du Sud de la Norvège ont été reçues dans la région parisienne dans d'excellentes conditions.

([3]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 581.

Aucune station d'une autre nationalité ne put être reçue le même jour entre 14 et 22^h.

Le 29 juin, de 17 à 18^h, le même phénomène se reproduisait avec le Sud de la Suède.

Le 7 juin des liaisons remarquables avaient été établies avec l'Algérie, seule contrée dont les émissions pouvaient être reçues.

Des résultats concordants ont été notés par différents amateurs situés dans une zone s'étendant jusqu'à 100^{km} de Paris.

Les phénomènes signalés correspondent à l'existence de noyaux d'ionisation intense nettement localisés, se déplaçant lentement et permettant pendant plusieurs heures une communication stable. Les noyaux d'ionisation se situeraient à mi-distance entre Paris et les zones indiquées où se placent les correspondants.

2° *Étude de l'évolution d'*E *sporadique au cours d'une même journee.* — On peut dire que le 4 juin, tous les pays d'Europe ont été touchés, au départ de Paris, par l'intermédiaire de la couche E sporadique. Cette journée d'écoute, remarquable d'après tous les observateurs, a permis d'assister aux déplacements apparents des zones de forte densité ionique.

Les pays nordiques, Suède en particulier, ont été de $16^h 30$ à $18^h 30$, reçus avec une intensité considérable : *plus tard,* on a pu entendre le Danemark, puis la Tchécoslovaquie, la Suisse et l'Italie, des stations françaises de la côte méditerranéenne, enfin les stations algériennes, toute propagation cessant vers 20^h T. M. G.

Il a été noté pour la première fois en France cette particularité que, pour obtenir l'intensité de réception la plus favorable des stations suisses et tchécoslovaques, il fallait, à Meudon, diriger l'aérien vers le Nord, ces communications semblant être rendues possibles par une diffusion sur des noyaux d'ionisation intense.

L'antenne rotative utilisée, du type *Yagi,* en polarisation horizontale, comprenait deux éléments demi-ondes distants de $0,15\lambda$; l'élément actif était alimenté en son centre; l'élément passif, couplé par rayonnement, jouait le rôle de réflecteur; le rapport de gain avant et arrière était de 14 décibels.

Dans ces conditions, la direction d'arrivée des ondes peut être appréciée grossièrement sur le maximum d'audition puis une estimation, à une dizaine de degrés près, peut être effectuée sur le minimum. En toutes circonstances les relèvements exécutés ont été trouvés corrects; le 4 juin est la seule journée où cette diffusion par une couche E sporadique nordique a été notée.

Les premières manifestations de E sporadique sur ces fréquences ont été, en 1948, constatées en mai, en retard sur 1947. De nombreuses communications fugitives, ont été établies tout le long du mois de juin, mais ne présentaient pas ce caractère de stabilité et de localisation nette que nous avons signalé pour les cas exceptionnels cités plus haut.

Remarques sur la Note précédente, par M. **Pierre Lejay**.

Il est intéressant de comparer les résultats d'observation ci-dessus aux enregistrements de la station de sondages ionosphériques de Bagneux. On constate que la région E sporadique a été enregistrée au cours de juin 1948 avec une particulière intensité en deux périodes qui coïncident précisément avec celles des liaisons exceptionnelles établies par les réseaux d'amateurs. Les fréquences limites supérieures à E sporadique ont dépassé, fait extrêmement rare, dans l'après-midi du 4 juin et la matinée du 5, les plus hautes valeurs que peut atteindre l'émetteur de Bagneux, soit 13 Mc/s. Dans la période du 24 au 29, si les fréquences limites n'ont pas été aussi élevées, par contre on a noté de nombreux échos multiples, notamment le 26 et le 27.

Nous trouvons donc sur nos enregistrements une confirmation parfaite des observations de M. Revirieux. Mais il faut reconnaître que celles-ci nous fournissent de précieuses indications sur la localisation et l'étendue d'un phénomène dont les causes sont encore mal connues, indications que les sondages verticaux ne peuvent donner. C'est en réalité une méthode nouvelle d'investigation qui est, pour la première fois en France tout au moins, mise en œuvre. Mise au point et convenablement orchestrée, elle pourrait aboutir à la détection de mouvements des noyaux d'ionisation auxquels il a été fait allusion. On conçoit comme possible l'organisation d'observations continues de stations fixes émettant en permanence et qui pourraient être, tout d'abord, *surveillées* par des observateurs bénévoles.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Développement de l'embryon chez le* Calandrinia procumbens *Moris. Remarques embryographiques sur quelques Portulacacées.* Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

A la suite des travaux de R. Souèges sur les Portulacacées, on sait que le développement de l'embryon appartient à la première période de la classification embryogénique pour le *Claytonia perfoliata* Donn. ([1]), à la deuxième période pour le *Portulaca oleracea* L. ([2]) et le *Calandrinia compressa* Schrad. ([3]). Dans cette famille, évidemment hétérogène, peut-être intervient-il déjà des différences entre les diverses espèces appartenant à un même genre. C'est pour m'en assurer que j'ai entrepris l'étude du *Calandrinia procumbens* Moris.

Les figures que j'ai observées se superposent de façon remarquable à celles que R. Souèges a rencontrées chez le *C. compressa*. La cellule apicale du proembryon-bicellu-

(*) Séance du 21 juin 1948.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 111.

([2]) *Ibid.*, **206**, 1938, p. 768.

([3]) *Ibid.*, **226**, 1948, p. 207.

laire, seule à intervenir dans l'édification de l'embryon proprement dit, fournit une tétrade seconde en T (*fig.* 3), un embryon à huit cellules disposées en quatre étages (*fig.* 6), puis à 16 cellules disposées en six étages (*fig.* 9). Plus nettement que chez le *C. compressa*, l'étage *l* donnerait, à lui seul, naissance à la partie cotylée (*fig.* 16); la partie hypocotylée provient des étages *l'* et *m* et c'est au niveau de *m*, par segmentation transversale des quatre cellules circumaxiales isolées après séparation du périblème, que se différencient les cellules initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 12).

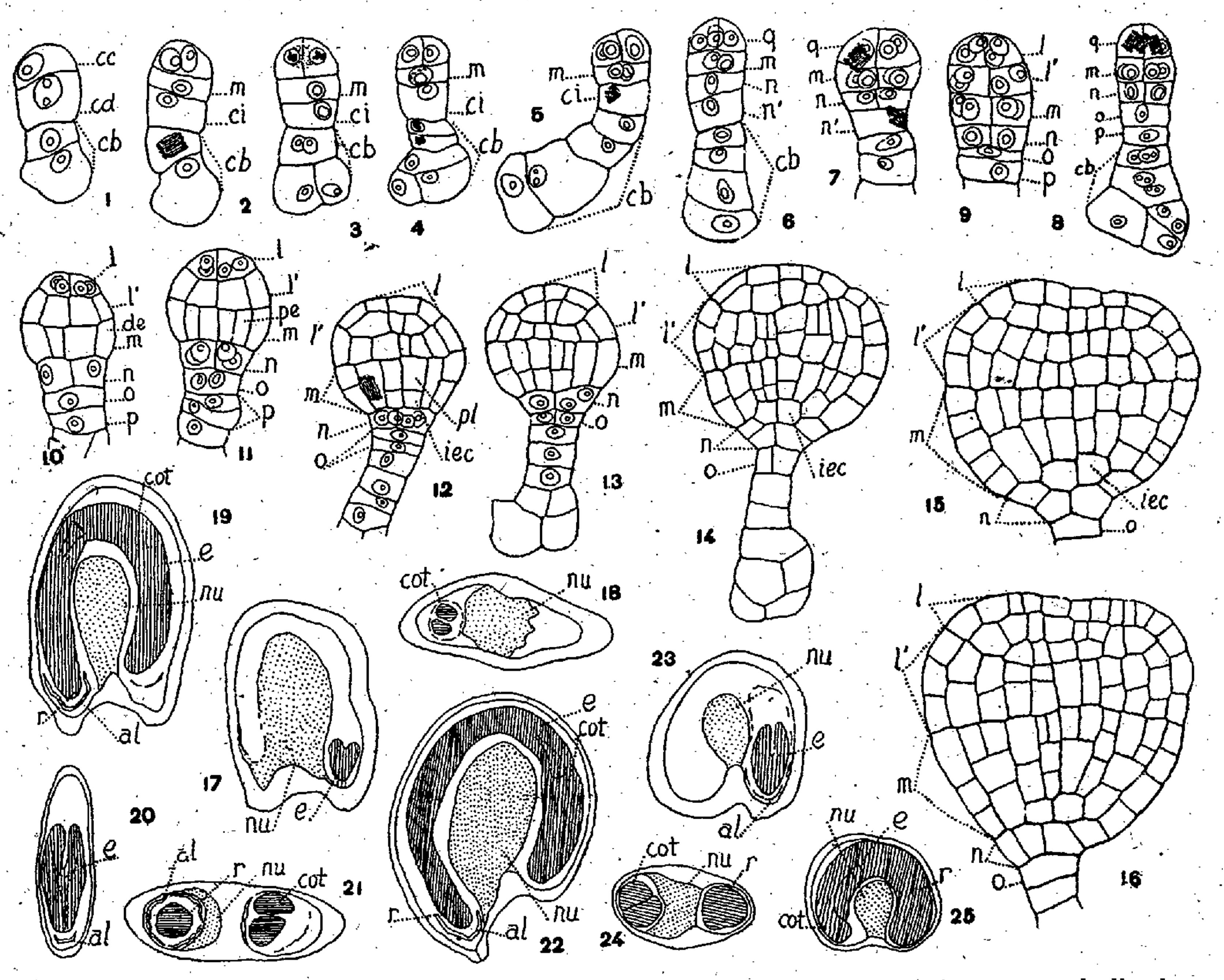


Fig. 1 à 16. — *Calandrinia procumbens* Moris. — Principaux termes du développement de l'embryon. *cb*, cellules issues de la cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de la cellule apicale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou portion inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou primordium de la coiffe; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*, fille inférieure de *ci*; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine.

Fig. 17 à 19. — *Claytonia perfoliata* Donn. — En 17 et 19, coupes longitudinales de graines parallèlement au plan de symétrie; en 18, coupe transversale d'une graine à peine plus âgée que celle qui est figurée en 17.

Fig. 20 à 22. — *Calandrinia compressa* Schrad. — En 20, coupe longitudinale d'une jeune graine, perpendiculaire à son plan de symétrie; en 21, coupe transversale de la graine adulte; en 22, coupe longitudinale de la graine adulte, parallèle au plan de symétrie.

Fig. 23 à 25. — *Calandrinia procumbens* Moris. — En 23 et 24, coupes longitudinales de graines parallèlement au plan de symétrie, et, en 24, coupe transversale de la graine adulte. *e*, embryon; *r*, radicule; *cot*, cotylédon; *nu*, nucelle; *al*, gaine d'albumen. G. : 340; 25 pour les figures 17 à 25.

D'autre part, la description des formes adultes de l'embryon ou l'embryographie des Portulacacées dont R. Souèges et moi-même avons étudié

l'embryogénie m'a conduit à des constatations intéressantes sur la disposition que peuvent prendre, par rapport à la radicule, les cotylédons d'un sporophyte incurvé. Déjà Th. Cook ([4]) avait signalé que, chez le *Claytonia virginica*, un des cotylédons seulement s'allonge fortement; l'autre cotylédon reste rudimentaire et l'embryon adulte prend un aspect monocotylédoné. Cependant, Th. Rocén ([5]) signale la présence de deux cotylédons chez toutes les Portulacacées qu'il a étudiées.

Il existe bien deux cotylédons chez le *Claytonia perfoliata*, le *Calandrinia procumbens* et le *Calandrinia compressa*, mais ces cotylédons, au lieu d'être incombants comme c'est le cas chez les Centrospermées en général, sont en position accombante chez le *Claytonia perfoliata* et le *Calandrinia compressa*, en position oblique chez le *Calandrinia procumbens*. Quand le plan médian cotylédonaire se confond au début avec le plan de symétrie de la graine (*fig.* 17 et 23), il intervient plus tard une torsion, précoce chez le *Claytonia perfoliata* (*fig.* 18), assez tardive chez le *Calandrinia procumbens* (*fig.* 23); c'est en raison de ce retard dans la torsion, peut-être, que les cotylédons de cette dernière espèce n'atteignent jamais qu'une position oblique. Chez le *Calandrinia compressa* par contre, il semble que les cotylédons se placent très tôt en position accombante (*fig.* 20). Dans tous les cas étudiés, les cotylédons atteignent finalement, dans la graine, une épaisseur et une longueur sensiblement égales.

Il est certain que l'on ne peut pas tirer, en ce qui concerne la systématique en général, d'importantes conclusions relativement à la disposition définitive des cotylédons par rapport au plan de symétrie de la graine, puisque ce caractère présente si peu de fixité dans les seules limites d'une famille qui comprend, en outre, un nombre très restreint de représentants.

MYCOLOGIE. — *A propos de la Rouille jaune des Graminées* (Puccinia glumarum). Note de MM. **Lucien Guyot, Michel Massenot, Jacques Montégut** et **Athanase Saccas**, présentée par M. Roger Heim.

Dans le cadre de l'espèce *Puccinia rubigo-vera* créée par G. Winter en 1884 et qui réunit les diverses formes de Rouille des Graminées à urédosores ponctiformes, épars ou groupés et à téliosores clos et ceinturés d'un massif paraphysaire épais et brun, J. Eriksson et E. Henning ont distingué, en 1896, une *Rouille jaune* (*Puccinia glumarum*) à urédosores minuscules, jaune citron (cadmium clair), disposés en longues séries linéaires sur les feuilles, souvent aussi à la face interne des glumes et jusque sur les grains, et une *Rouille brune* (*Puccinia dispersa*), à urédosores plus gros, bruns (ocre brun ou terre de Sienne), épars sans ordre sur les feuilles.

Ce sectionnement spécifique, unanimement accepté par les urédinologues du monde entier, appelle toutefois les remarques suivantes :

La disposition linéaire des urédosores n'est pas un caractère constant

([4]) *Ohio Naturalist*, 3, 1903, p. 349.

([5]) *Zur Embryologie der Centrospermen* (*Inaug. Diss.*, Uppsala, 1927).

chez *P. glumarum*. Ducomet et Foëx ont indiqué, en 1925, que les urédosores de cette espèce ne semblent présenter aucune tendance à former des raies sur les feuilles des jeunes semis et ne sont distribués en séries linéaires que sur les feuilles des plantes plus âgées. En 1940, G. Viennot-Bourgin, étudiant la Rouille jaune d'*Hordeum murinum* et du Blé, note qu'au début de l'invasion des jeunes feuilles, la disposition urédosporifère est irrégulière et non en ligne, les sores secondaires formant seuls des séries linéaires régulières; il souligne par ailleurs que l'arrangement linéaire des téliosores n'est pas davantage spécifique de *P. glumarum*. Par contre, certaines Rouilles brunes (*P. bromina* parasite des *Bromus*, *P. persistens* parasite des *Agropyrum*, *P. triticina* parasite des *Triticum*) offrent parfois des urédo- et téleutosores plus ou moins nettement disposés en séries linéaires.

La couleur des urédosores de *P. glumarum* est assez variable. G. Viennot-Bourgin a constaté que les urédosores primaires de *P. glumarum* (sur *Hordeum murinum*) sont orangé vif, les urédosores secondaires jaune orangé; sur Blé, leur couleur est jaune orangé vif chez les sores initiaux, jaune cadmium ensuite, jaune laiteux enfin. Nous basant sur le Code universel des couleurs de E. Séguy, nous avons reconnu, dans un cas, aux urédosores de *P. glumarum* les teintes suivantes : 196 (= orange), 211 (= orange neutre) et 246 (= terre ocreuse), alors que la diagnose originale fait état seulement des teintes jaune citron (= 272) et jaune cadmium (= 226).

La couleur des urédosores est également inconstante chez les Rouilles brunes : en général du type brun ferrugineux à brun orangé ou même brun jaunâtre, elle varie de 171 à 196 chez *P. bromina*, 172 à 187 chez *P. persistens*, 172 à 196 chez *P. triticina*. La couleur des urédosores dépend, ainsi que leurs dimensions et leur disposition, de l'âge des tissus; dans un cas, nous avons reconnu, chez *P. triticina*, des sores assez gros (→ 2^{mm}), irrégulièrement épars et de teinte 191 (= feuille morte) sur les feuilles vertes du support, et des sores petits (→ $0,^{mm}5$), plus ou moins groupés ou parfois même nettement en lignes et de teinte 196 (= orange) sur les feuilles jaunissantes ou desséchées du même support. Le pâlissement par le sec des urédosores a déjà été noté par G. Viennot-Bourgin dans le cas de *P. glumarum* (sur *Hordeum murinum*, *Agropyrum* et *Triticum*); ce phénomène survient aussi chez diverses formes de Rouille brune, à un degré moindre toutefois.

Certaines formes de Rouille brune fructifient parfois, à la façon de *P. glumarum*, sur les pédicelles florifères, les glumes et les arêtes des glumelles. Eriksson et Henning en ont fait mention pour *P. bromina* sur *Bromus mollis*; nous l'avons constaté souvent pour *P. bromina* sur *Bromus sterilis*.

Le nombre des pores germinatifs sur l'enveloppe des urédospores se comporte également comme un caractère variable, tant chez *P. glumarum* que chez les Rouilles brunes. Eriksson et Henning (*Die Getreide roste*, p. 205) l'évaluent à 4-6 chez *P. glumarum*, Fischer à 8-10 (parfois 12), Arthur à 10-15,

Allen à 10-16. G. Viennot-Bourgin l'estime, selon les supports, à 7-11 (parfois 12) sur Blé, 5-12 sur les *Hordeum* spontanés, 7-11 (le plus souvent 9) sur les *Hordeum* cultivés, 5-12 sur *Agropyrum*, 6-11 à 7-13 sur *Bromus*, 6-11 (rarement 13-14) sur *Dactylis*, 9-10 sur *Arrhenatherum*, 10-12 sur *Calamagrostis*.

De notre côté, nous avons reconnu les nombres suivants de pores germinatifs en divers cas : *a. P glumarum* : 9-11 (7-13) sur *Ægilops*; *b.* Rouilles brunes : 1° *P. bromina* : 7-8 (6-9), 7-9 (6-10), 7-10 (5-13), 8-12 (6-13), 8-12 (5-14) et 8-12 (6-14) sur feuille de *Bromus sterilis*, 7-9 (5-10) et 8-12 (7-13) sur gaine de *B. sterilis*, 6-10 (5-11) et 6-10 (4-13) sur pédicelle floral de *B. sterilis*, 7-12 (4-14) sur glume de *B sterilis*, 7-9 (5-10) sur arête de glumelle de *B. sterilis*; 2° *P. hordei-maritimi* : 7-9 (5-10) sur feuille d'*Hordeum maritimum*; 3° *P. persistens* : 7-8 (6-10) et 8-10 (7-13) sur feuille d'*Agropyrum repens*.

Les dimensions des téleutospores offrent une variabilité aussi marquée dans le cas de *P. glumarum* que dans le cas des diverses Rouilles brunes. G. Viennot-Bourgin a noté que la distinction, au stade téleuto, entre *P. glumarum* (sur *Bromus*) et *P. bromina* est peu précise. Nous avons reconnu, de notre côté, que certaines formes de *P. bromina* (sur *Bromus sterilis* en particulier) prennent parfois, tant au stade urédo qu'au stade téleuto, un faciès glumaroïde très accentué. *P. hordei-maritimi* est presque identique, au stade téleuto, au *P. glumarum* des *Hordeum* spontanés.

En définitive, la distinction entre Rouille jaune et Rouille brune est, en de nombreux cas, beaucoup plus subtile qu'il n'apparaissait jusqu'alors; certains faciès glumaroïdes de diverses Rouilles brunes se rapprochent étrangement de la Rouille jaune classique, et leur interprétation précise est parfois délicate. Une telle convergence de structure morphologique est plus évidente encore chez les Graminées spontanées que chez les céréales cultivées; parmi les Graminées spontanées, elle est particulièrement remarquable dans le cas de certains genres (*Agropyrum, Bromus, Hordeum*) qui hébergent des Rouilles brunes susceptibles de présenter une phase écidienne sur les Renonculacées appartenant au genre *Clematis*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la recherche des itols et du saccharose chez quelques Sapindales.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai signalé la présence du québrachitol chez quelques Sapindacées et Acéracées; je l'avais extrait par épuisement à l'acétone du matériel sec. Le présent travail a pour but de préciser l'utilisation de cette méthode et de l'appliquer à d'autres plantes du groupe des Sapindales Engler-Diels.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1842.

L'épuisement d'une poudre végétale sèche par l'acétone dans un appareil de Soxhlet permet d'en extraire non seulement le québrachitol mais aussi des substances cristallisables de solubilité analogue, à savoir d'autres itols : pinitol, mannitol, dulcitol, sorbitol et des sucres, en particulier le saccharose. Il suffit de décanter la liqueur acétonique, de laver à l'acétone bouillant et à l'éther le dépôt plus ou moins cristallisé qui reste et de le traiter à l'ébullition, d'abord par l'alcool à 95°, puis par des alcools plus faibles; les substances cherchées cristallisent en général sans difficulté. Après repos, la liqueur acétonique laisse parfois déposer une nouvelle quantité d'itol ou de saccharose assez pur. L'identification a été faite par le point de fusion, le pouvoir rotatoire, quelques solubilités, en comparant avec des produits de référence (en outre, le saccharose a été hydrolysé).

Après refroidissement, la liqueur acétonique présente souvent des grumeaux ou se prend en masse; la filtration en sépare des esters plus ou moins purifiables. Certains fondent vers 70-80° et font penser à la présence d'hexacosanol ou d'alcools semblables, libres ou estérifiés. Ceux-ci ont été rencontrés dans presque toutes les plantes examinées et sont très répandus chez les végétaux. L'acétone dissout en outre les hétérosides éventuels qui peuvent être recherchés par traitement convenable de l'extrait acétonique.

Dans certains cas, l'acétate d'éthyle peut remplacer l'acétone. L'éther et le chloroforme ne conviennent pas, les itols y étant insolubles, mais ces solvants trouvent leur emploi pour débarrasser préalablement le matériel de sa chlorophylle, de ses lipides et esters.

Pour être quantitatif, l'épuisement dans un appareil de Soxhlet doit être effectué en plusieurs fois, avec un nouveau broyage de la poudre avant chaque opération. Il a été remarqué que toutes les poudres ne s'épuisent pas avec une égale facilité et que des substances même très solubles tardent à être dissoutes.

J'ai signalé (1) le pouvoir rotatoire fortement lévogyre des liqueurs d'essai chez les fruits d'une Sapindacée : *Kœlreuteria paniculata* Laxm. Celui-ci n'est pas uniquement dû à la présence de québrachitol : après 5 épuisements, la poudre dépourvue de québrachitol présente encore une déviation lévogyre importante. Par traitement à l'eau, défécation plombique et concentration à consistance sirupeuse, j'ai obtenu une substance cristallisée non identifiée, insoluble dans l'alcool bouillant, et que je crois être le sel de calcium d'un acide organique lévogyre insoluble dans l'éther et sans parenté avec l'inositol.

J'ai extrait le québrachitol des tiges et des feuilles de *Paullinia pinnata* L. (Sapindacée). Le matériel d'étude m'a été envoyé par M. P. Boiteau, Directeur du Jardin botanique de Tananarive.

Aucune des Sapindales énumérées ci-dessous n'a fourni de québrachitol, mais d'autres substances en ont été extraites et identifiées.

Le saccharose a été isolé des plantes suivantes : Staphyléacées : écorces et feuilles de *Staphylea colchica* Stev.; écorces de *S. elegans* Zab., *S. pinnata* L.;

feuilles de *S. Bolanderi* Gray. Ilicacées : écorces et feuilles d'*Ilex Aquifolium* L. var. *variegata;* feuilles d'*I. Aquifolium* var. *nobilis, I. Cassine* L., *I. crenata* Thunb., *I. Pernyi* Franch. Anacardiacées : écorces de *Rhus Cotinus* L. Balsaminacées : feuilles d'*Impatiens Noli-tangere* L. Celastracées : écorces et feuilles de *Celastrus Orixa* Sieb. et Zucc.; écorces d'*Evonymus americanus* L., *E. Bungeanus* Maxim., *E. europæus* L. var. *aldenhamensis* Gibbs et *fructu albo* Hort., *E. Wilsonii* Sprague, *E. yeddœnsis* Frœbel. Coriariacées : feuilles de *Coriaria japonica* Gray, *C. myrtifolia* L. Les écorces et feuilles de divers *Æsculus, Pavia* (Hippocastanacées) et *Buxus* (Buxacées) n'ont fourni aucune cristallisation : cela ne prouve pas l'absence de saccharose dans ces derniers groupes, mais plutôt la coexistence d'impuretés extractives qui l'ont empêché de cristalliser.

Le dulcitol a été isolé des Célastracées suivantes : écorces et feuilles de *Celastrus angulatus* Maxim., feuilles de *C. orbiculatus* Thunb., *C. punctatus* Thunb., *C. rosthornianus* Lœs., *C. strigillosus* Nakaï; écorces et feuilles d'*Evonymus Wilsonii;* écorces d'*E. Bungeanus;* feuilles d'*E. americanus, E. europæus aldenhamensis* et *fr. albo, E. latifolius* Scop., *E. radicans* Sieb. et Zucc., *E. yeddœnsis*. Sa présence était déjà connue chez *Celastrus obscurus, Evonymus atropurpureus, E. europæus, E. japonicus*. Parmi les Célastracées examinées, seul le *C. Orixa* (écorces, feuilles) n'a pas fourni de dulcitol, ce qui confirme la place de cette espèce à essence et à berbérine parmi les Rutacées, sous le nom d'*Orixa japonica* Thunb.

Les écorces des deux Coriariacées ont fourni une substance cristallisée dont je poursuis l'étude et que je crois être un suc réducteur nouveau.

En résumé, le québrachitol a été extrait d'une Sapindacée, le dulcitol de plusieurs Célastracées, le saccharose de diverses Sapindales.

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'obtention expérimentale de monstres doubles chez les Oiseaux.* Note (*) de M. **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré qu'il est possible d'obtenir la polyembryonie expérimentale chez les Oiseaux en fissurant au stylet de verre le blastoderme non incubé de cane; le nombre d'embryons obtenus correspond au nombre de sections faites (1), (2), (3), (4).

Il était dès lors à prévoir qu'une fissuration *partielle* du blastoderme entraînerait comme conséquence la formation de monstres doubles en Y ou en λ.

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) E. Wolff et H. Lutz, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1301-1302.

(2) E. Wolff et H. Lutz, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 901-903.

(3) H. Lutz, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 384-385.

(4) H. Lutz, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 841-842.

Dans les deux cas, l'œuf est orienté d'après la loi de von Baer et la fissuration est parallèle à l'axe présumé du futur embryon ([5]).

Duplicitas posterior. — 1. La partie postérieure du blastoderme est fissurée à l'aiguille de verre, puis les bords de cette fissure sont coagulés à l'électrocoagulateur, afin d'éviter tout recollement. En aucun cas la section ne dépasse la moitié postérieure du blastoderme.

Embryons vivants en fin d'expérience.	*Duplicitas posterior.*	Jumeaux parallèles.	*Duplicitas anterior.*	Un seul embryon à orient. normale.	Un seul embryon faisant un angle avec l'axe présumé. 90°.	180°.
32	18	2	1	4	5	2

Ainsi donc, sur 32 embryons vivants en fin d'expérience, 18 *duplicitas posterior* sont obtenus; il s'agit ici de duplications appartenant aux groupes des tératopages et des tératodelphes. Dans chacune des catégories, les degrés les plus divers se présentent pour les tératodelphes, la duplication peut affecter une partie plus ou moins grande du corps; pour les tératopages l'accolement peut être plus ou moins fort, les deux jumeaux en sont les termes extrêmes.

Le cas de *duplicitas anterior* peut s'expliquer par un écart de 180° par rapport à la règle de von Baer; il en est de même pour les 5 embryons faisant un angle de 90° et les deux embryons faisant un angle de 180° avec l'orientation présumée.

Enfin, dans 4 cas, un seul embryon à orientation normale se présente.

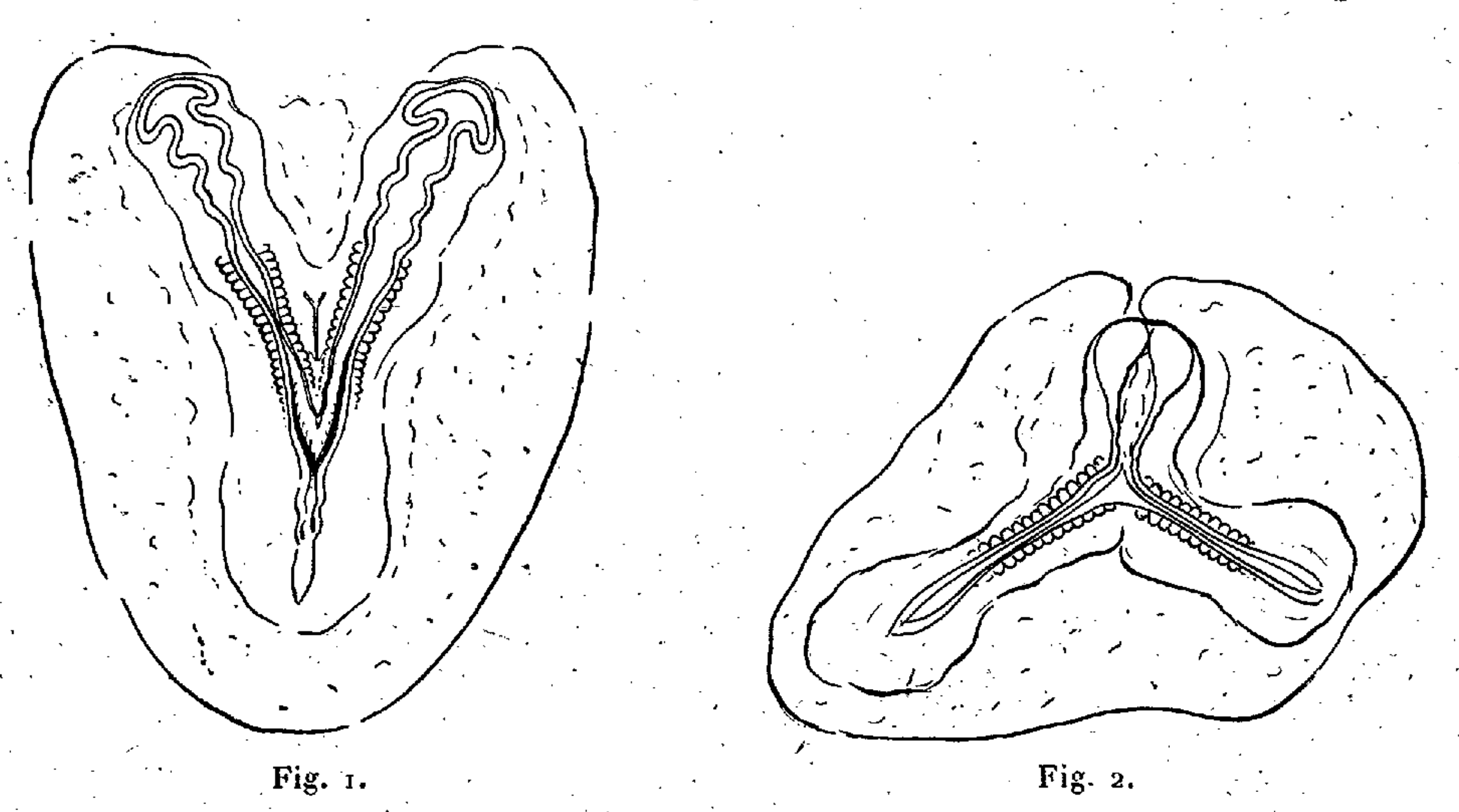


Fig. 1. Fig. 2.

Duplicitas anterior (*fig.* 1) et *Duplicitas posterior* (*fig.* 2) obtenus expérimentalement.

2. Dans une autre série d'expériences j'ai fissuré le blastoderme en 3 bandes perpendiculaires à l'axe présumé, puis supprimé complètement les bandes

([5]) *Id.*, 209, 1940, p. 450-452.

antérieure et postérieure en les enfonçant dans le vitellus. Sur 54 embryons vivants en fin d'expérience, j'ai obtenu 29 monstruosités doubles postérieures; là encore tous les degrés de tératopages et de tératodelphes se présentent. L'explication de la formation de monstruosités doubles par cette méthode n'est pas encore connue.

Duplicitas anterior. — L'obtention des monstres en Y présente beaucoup plus de difficultés; en effet la loi de von Baer n'étant qu'une loi approchée, l'axe présumé du futur embryon ne correspond que rarement à la fissure faite. D'autre part il faut là aussi éviter le recollement, ce qui a été obtenu soit par la méthode de l'électrocoagulation, soit en introduisant une paillette de bois dans la fissure. Aussi les cas obtenus sont-ils beaucoup moins nombreux.

La fissure est faite dans la partie antérieure du blastoderme et atteint les 3/4 postérieurs. Là encore les degrés les plus variés de monstres en Y sont obtenus, dont un cas sur le blastoderme de Poulet, présentant le croissant endodermique (5).

Résumé. — On obtient des monstres en λ ou en Y en fissurant partiellement la partie postérieure ou la partie antérieure du blastoderme non incubé de Cane.

PROTISTOLOGIE. — *Sur les vésicules pulsatiles d'un* Chlamydomonas. Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

L'espèce étudiée dans la présente Note, trouvée dans les bassins du Parc de Saint-Cloud, près de Paris, se rapprochait à la fois de *Chlamydomonas Korschikoffi* Pascher et de *C. platyrhyncha* Pascher, mais n'était identique ni à l'une, ni à l'autre. Sa papille antérieure était aplatie dans le plan de symétrie du corps. Au-dessous, celui-ci contenait deux vésicules pulsatiles, symétriquement disposées par rapport à ce plan. Ces vésicules ont donné lieu aux observations suivantes :

a. En général, elles battaient en quadrature, selon la règle, l'une étant en systole tandis que l'autre était en diastole. Mais en fait, leur différence de phase était variable, de sorte que chez certains individus elles en arrivaient à battre en conjonction, c'est-à-dire à être toutes les deux en systole ou en diastole simultanément. Cette remarque prouve qu'au cours de leurs battements leur contenu ne passe pas alternativement de l'une dans l'autre, comme cela a été parfois supposé.

b. En diastole, elles étaient sphériques. Pendant la première partie de la systole, elles conservaient cette forme, en diminuant lentement de diamètre. Mais ensuite elles prenaient la forme d'une lentille biconvexe, avec plan équatorial perpendiculaire au plan de symétrie du corps, et quelquefois nettement gauchi. A partir de ce moment, la systole s'achevait, non plus par diminution

du diamètre, mais par aplatissement complet de la lentille, réduisant la cavité de la vésicule à une fissure indistincte.

Pendant la diastole, s'observaient les mêmes aspects, mais en ordre inverse. La vésicule réapparaissait sous la forme d'une simple fissure, qui se transformait en une lentille de plus en plus épaisse, puis finalement en une sphère augmentant de volume par accroissement de son diamètre.

D'autre part, chaque vésicule présentait des caractères propres, qui se conservaient sans grands changements pendant tous les battements successifs, et par lesquels les deux vésicules d'une même cellule pouvaient nettement différer. Ces caractères portaient sur le plan équatorial de la lentille, qui pouvait être assez fortement gauchi, et sur son diamètre, quelquefois très petit. Dans ce dernier cas, naturellement, la phase lenticulaire durait peu, tandis que la phase sphérique prenait une importance considérable.

Ces observations conduisent aux deux idées suivantes :

1. Les vésicules pulsatiles ne sont pas de simples lacunes du cytoplasme, mais des organites à morphologie définie. On sait déjà, d'après les travaux de divers auteurs, notamment A. Haye (1) et moi-même (2), qu'elles sont creusées dans un cytoplasme excréteur différencié. On doit penser que, chez le *Chlamydomonas* ici étudié, ce cytoplasme constitue, pour chaque vésicule, une sorte de poche lenticulaire infiniment plate qui se gonfle d'eau pendant la diastole et se dégonfle pendant la systole.

2. Cette poche se comporte comme la vessie de caoutchouc, également lenticulaire, d'un ballon de foot-ball, qu'on gonfle d'air. Son gonflement diastolique doit être pareillement un phénomène passif, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir afflux d'eau parce que la poche s'agrandit, mais au contraire distension de la poche par suite de l'afflux d'eau. On peut penser que ce dernier résulte de la pression osmotique de cristalloïdes, accumulés grâce à l'activité du cytoplasme excréteur, tout au début de la diastole, dans la cavité encore virtuelle de la vésicule pulsatile. L'eau qui afflue ainsi vient du cytoplasme; pendant la systole, elle doit être expulsée au dehors, entraînant avec elle les cristalloïdes qui l'ont appelée.

Chez les Euglènes, cette expulsion s'effectue dans la fosse vestibulaire. Chez les Volvocales primitives, ou Pyramidomonadines, on retrouve l'équivalent d'une telle fosse, sous la forme d'un infundibulum creusé dans le pôle antérieur du corps. Dans les genres *Chlorodendron* et *Prasinocladus*, j'ai montré récemment (3) que cet infundibulum s'oblitère, plus ou moins complètement, quand la cellule s'entoure d'une paroi celluloso-pectique avec papille apicale. On passe ainsi à la disposition réalisée chez les *Chlamydomonas*, où la fosse

(1) *Arch. f. Protistenkunde*, 70, 1930, p. 1.
(2) *Le Botaniste*, 28, 1937, p. 135.
(3) *La Revue scientifique*, 85, 1947, p. 862.

infundibulaire n'existe plus, mais où subsiste néanmoins le cytoplasme excréteur qui garnissait sa paroi, cytoplasme qui continue à constituer un organite excréteur morphologiquement défini.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action comparée du 2.3-dimercaptopropanol sur la catécholoxydase et sur la laccase.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Webb, R. van Zelma, B. Miller et G. Kalnitsky (1946) [1] ont étudié comparativement l'action du 2.3-dimercaptopropanol [2] sur 21 préparations de diastases diverses. Sept étaient inhibées par le thioalcool. Parmi elles, quatre étaient connues pour avoir un coenzyme métallique et deux pour être activées par des métaux. Ils ont conclu de ces faits que l'inhibition était due au blocage par le DMP de la fraction métallique de la diastase. Ainsi, la catécholoxydase, qui est inhibée pour 95 % en quinze minutes à 17° par 0,001 M de DMP, peut être réactivée presque intégralement par un excès de cuivre : 0,01 M pour 0,0025 M de DMP. La spécificité métallique du cuivre fut alors suggérée par les auteurs précités.

Dans ces conditions, il était intéressant de voir quelle serait comparativement l'action du DMP sur la laccase et sur la catécholoxydase. On sait en effet que la préparation la plus pure de laccase renferme environ 0,15 % de Mn (dont le rôle en tant que co-laccase a depuis longtemps été mis en évidence par Gabriel Bertrand) et seulement 0,03 % de cuivre, alors que la catécholoxydase a un coenzyme cuprique (0,3 % de Cu).

La préparation de catécholoxydase dont je me suis servi a été obtenue à partir de *Psalliota campestris*. Elle avait un Q_{O_2} de 6290 sur le pyrocathécol, à 25° et à pH 7,3, pour une concentration diastasique C_{O_2} de 3777 (soit un poids sec de 9,6 mg/cm³). Tandis que la préparation de laccase provenant de *Rhus succedanea* avait un Q_{O_2} de 171 sur l'hydroquinone, à 25° et à pH 6,3 et un C_{O_2} de 5050 (poids sec de 31,4 mg/cm³). Les mesures micromanométriques ont été faites dans un appareil de Warburg avec des témoins effectués dans les mêmes conditions, mais sans diastase. Le DMP [3] a été utilisé à partir d'une solution M/4 dans de l'éthylèneglycolmonoéthyléther.

Avec les concentrations diastasiques employées, qu'il s'agisse de catécholoxydase ou de laccase, la réaction d'inhibition évolue lentement (à 20°) même avec 0,025 M de DMP (soit 3,1 mg/cm³). Si on laisse l'incubation se faire

---

(1) La bibliographie et les détails expérimentaux seront donnés dans une autre publication.

(2) Par abréviation DMP au cours de la Note.

(3) Provenant du laboratoire de Pr Peters, à Oxford.

dans un milieu tamponné M/15, par des phosphates, l'évolution est beaucoup plus rapide à pH 6,3 qu'à pH 7,3 pour la catécholoxydase, alors que pour la laccase il n'y a que quelques pour cent de variation. Cette différence s'accentue encore à pH 5,5 en milieu non tamponné : l'inhibition, très accélérée pour la catécholoxydase, est ralentie pour la laccase.

Quoiqu'il y ait un très gros excès de DMP vis-à-vis de la diastase réellement présente dans le milieu, la vitesse d'inhibition varie avec la concentration en DMP, suggérant que celui-ci ne puisse intervenir que sous une forme tautomère. En effet le Q_{O_2} de la catécholoxydase la plus pure étant de l'ordre du million, il y avait certainement moins de $0^{mg},003$ de celle-ci par centimètre cube de la préparation utilisée. De même le Q_{O_2} de la laccase la plus pure étant de l'ordre de 110000 à 25°, il y avait certainement moins de $0^{mg},045$ de laccase par centimètre cube.

En outre, l'étude cinétique de la réaction montre que pour l'une et l'autre diastase, l'ordre de la réaction est supérieur à deux, fait qui est en opposition avec le schéma d'un simple blocage du cuivre pour la catécholoxydase.

La réactivation par le cuivre, valable pour les deux diastases, n'est pas spécifique. Tout métal donnant avec le DMP des composés ou des complexes, permet à des degrés divers de retrouver le même résultat, prouvant ainsi qu'il ne s'agit que du déplacement de la molécule de DMP engagée dans une liaison chimique. En particulier pour la catécholoxydase, le nickel permet une réactivation plus rapide que le cuivre. Ainsi après trente minutes d'incubation avec 0,01 M de DMP à pH 7,3, de la préparation de catécholoxydase diluée au tiers (activité résiduelle zéro), 0,027 M de Ni permettent de retrouver, après 20 minutes, 50 % de l'activité, alors qu'avec 0,027 M de Cu on n'en retrouve que 17,5 %. Dans les mêmes conditions le Mg et même le Mn permettent d'en récupérer 8,3 %. Un temps plus long ou une plus forte concentration en métal donne une réactivation plus complète. Des résultats analogues sont obtenus avec la laccase; ici, toutefois, le nickel est moins actif que le cuivre.

La différence d'action du DMP sur la catécholoxydase et sur la laccase se manifeste encore différement. La préparation de catécholoxydase possède une faible activité laccasique : Q_{O_2} 360 avec un C_{O_2} de seulement 600. Or après deux heures et demie avec 0,01 M de DMP à pH 7,3, l'activité résiduelle est de 80 % sur l'hydroquinone et presque nulle sur le catéchol. Le mélange des deux préparations diastasiques en modifiant légèrement ces vitesses relatives d'inhibition, sans doute par suite des différences d'impuretés, ne modifie pas le sens du phénomène.

Conclusion. — Le 2.3-dimercaptopropanol inhibe, d'une façon relativement rapide l'action de la catécholoxydase et plus lente celle de la laccase. La vitesse d'inhibition est fortement modifiée par le pH dans le premier cas et peu dans le second (zone de 7,3 à 5,5), la variation ayant alors lieu en sens inverse. La réaction, qui est d'un ordre supérieur à deux, conduit à un produit inactif

d'où l'on peut facilement récupérer l'activité par addition d'un excès de métal, tels que Ni, Cu, Mg, Mn, donnant une combinaison avec le DMP. Mais il n'est pas possible de dire si l'inhibition a lieu par blocage d'un métal co-enzyme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur deux antifongiques antagonistes de la vitamine* K. Note de M. et Mme **Jean Guerillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons étudié l'antagonisme entre deux antifongiques (2-méthoxy-1.4-naphtoquinone et 2-chloro-1.4-naphtoquinone) et la vitamine K (2-méthyle-1.4-naphtoquinone) qui présente avec ces deux inhibiteurs une évidente analogie structurale.

Le réactif biologique employé est *Fusarium solani* cultivé en boîtes de Pétri sur milieu de Czapek gélosé. Après ensemencement par les conidies du Fusarium, les cultures sont placées à l'étuve à 25° pendant 16 heures. Ce temps est nécessaire pour que le mycélium envahisse la surface de la gélose. De petits disques de papier filtre de 6^{mm} de diamètre, imbibés chacun par une goutte ($0^{cm^3},01$) de la solution à essayer, sont alors disposés à la surface de chaque boîte. Après 24 heures de séjour à 25°, l'effet inhibiteur est déterminé en mesurant le diamètre de la surface claire, pratiquement circulaire, qui entoure le confetti et qui correspond à une lyse de mycélium.

Voyons l'effet de chacun des deux antibiotiques précités, de la vitamine K seule et mélangée aux antagonistes.

a. 2-*Méthoxy*-1.4-*naphtoquinone* :

O
—OCH_3
O

Little et ses collaborateurs ([1]) ont isolé ce corps à partir de *Impatiens balsamina* L. et montré son action antibiotique pour différentes moisissures ou bactéries. Nous avons trouvé ce même effet sur *Fusarium solani* avec le composé préparé par synthèse ([2]). A la concentration de $0,5.10^{-4}$ (une goutte contient alors $0,5\gamma$ de substance active) on obtient une zone lysée de 8 à 10^{mm} de diamètre; à celle de $0,5.10^{-3}$ le diamètre d'inhibition est en moyenne

([1]) Little, Sproston et Foote, *Journ. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 335.

([2]) Les deux antibiotiques ont été préparés et nous ont été donnés par MM. P. Meunier et Ch. Mentzer.

de 25^{mm}.

b. 2-*Chloro*-1.4-*naphtoquinone* :

Cette substance, isomorphe de la vitamine K (*cf.* 2), s'est également montrée inhibitrice du *F. solani*. A la dilution de 10^{-5} l'action est encore nette. A 10^{-4} le diamètre d'inhibition est de 12^{mm} environ.

c. 2-*Méthyle*-1.4-*naphtoquinone*. — La vitamine K est un facteur de croissance pour divers Champignons inférieurs ou bactéries. L'un de nous ([3]) a montré son action dans ce sens pour *Aspergillus Niger* et le renversement de cette action si l'on en augmente la concentration. Dans le cas de *F. Solani* le même phénomène se répète. S'il est difficile de mesurer l'effet excitateur de la vitamine K avec la méthode employée, on peut cependant noter une plus grande prolifération du champignon autour des confettis pour une concentration de l'ordre de 10^{-4}. Par contre, à 10^{-3} le mycélium est lysé sur une zone de 8 à 10^{mm} de diamètre.

d. *Antifongiques et vitamine K.* — La 2-méthoxynaphtoquinone qui, à la concentration de $0,5 \times 10^{-3}$, inhibe le champignon comme nous l'avons vu, n'a plus qu'un effet à peine sensible sur le mycélium si, à la solution, on ajoute de la vitamine K à la dilution 10^{-4}. Pour la 2-chloronaphtoquinone, l'action de la vitamine K est également très nette. A la concentration de 10^{-5} elle supprime l'effet de cet inhibiteur employé à 10^{-4}.

Pour les deux substances étudiées, la quantité de vitamine qui supprime l'action nocive est donc inférieure à celle de l'antifongique. Woolley ([4]), étudiant l'antagonisme entre le 2.3-dichloro-naphtoquinone et la vitamine K sur *Saccharomyces cerevisiæ*, a trouvé un rapport inversé. Il apparaît donc que les proportions relatives entre deux corps d'actions opposées et présentant une grande parenté structurale, sont variables suivant les composés et les microorganismes.

Quoi qu'il en soit, les deux dérivés que nous avons étudiés se comportent nettement comme des antivitamines K pour *Fusarium solani*. Cet effet est à rapprocher des résultats obtenus avec ces corps dans l'étude de la coagulation sanguine [P. Meunier et ses collaborateurs ([5])]. Il se pourrait, en outre, que la 2-méthoxy.1.4-naphtoquinone et la 2-chloro-1.4-naphtoquinone présentent un intérêt pratique dans la lutte contre la fusariose des végétaux.

([3]) A. Vinet, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1945, p. 155.

([4]) *Harvey Lectures Series*, **41**, 1945, p. 189.

([5]) Meunier, Mentzer et Buu-Hoi, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **27**, 1945, p. 191.

PHARMACOLOGIE. — *De quelques actions pharmacologiques comparées des homologues inférieur et supérieur de la* N-*diéthyl*-β-*phényléthylamine et des morpholines correspondantes*. Note de M. **René Hazard**, Mlles **Élisabeth Corteggiani** et **Simone-Hélène Renard**, présentée par M. Léon Binet.

Parmi les substances antagonistes des poisons nicotiniques dont nous poursuivons l'étude, la N-diéthyl-β-phényléthylamine se montre à la fois adrénolytique ([1]) et antinicotinique.

Cette double action est-elle exercée par la N-diéthylamine et la N-diéthylpropylphénylamine et que donne le passage de ces trois corps à leur morpholine ?

Les trois amines tertiaires ont été préparées par action, en milieu chloroformique, de l'halogénure d'alcoyle sur l'amine secondaire correspondante (diéthyl-amine ou morpholine). Les composés obtenus ont été purifiés par rectification sous pression normale. Les amines sont des liquides sirupeux, faiblement teintés en jaune, de densité généralement supérieure à celle de l'eau, solubles dans l'alcool, l'acétone, le propylène-glycol, le chloroforme, le benzène, assez solubles dans l'éther, insolubles dans l'eau. Les morpholines ont un point d'ébullition plus élevé que les dérivés correspondants de la diéthylamine; leur odeur est moins prononcée.

Des chiens chloralosés, soumis à la respiration artificielle, et généralement vagotomisés, ont reçu l'injection intraveineuse, aux doses rapportées au kilogramme d'animal des différents produits dissous dans le propylène-glycol.

Le tableau ci-après résume les effets produits sur la pression carotidienne et les modifications apportées à l'hypertension provoquée par l'adrénaline ($1^{\mu g}$) ou la nicotine ($1/20^{mg}$); il nous permet de nous borner aux conclusions générales que voici.

La N-diéthyl-β-phényléthylamine se distingue par l'ensemble de ses propriétés, surtout de son homologue inférieur; son homologue supérieur en est plus proche. La double propriété qu'elle possède de diminuer ou d'inverser les effets hypertenseurs de l'adrénaline et de supprimer ou d'inverser l'action de la nicotine sur la pression artérielle se retrouve, mais amoindrie, chez son homologue supérieur. Son homologue inférieur montre que l'action adrénolytique peut, dans la série, être distincte de l'action antinicotinique puisqu'il exalte les effets de l'adrénaline, tandis qu'il diminue l'hypertension nicotinique. La morpholisation des trois bases étudiées entraîne la diminution générale de leur activité.

---

(1) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. de Biol.*, **136**, 1942, p. 349.

Formules.	Point d'ébullition.	Action sur la pression artérielle (doses en g. p. k.). 0,005.	0,02 à 0,05.	Action sur l'hypertension adrénalinique (doses en g. p. k.). 0,005.	0,02 à 0,04.	Action sur l'hypertension nicotinique (doses en g. p. k.). 0,02.	0,05.
$C_6H_5—CH_2—N\langle{}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ N-diéthylbenzylamine	206	Sans action	Hypertension	Sans action	Sensibilisation	Diminution	Diminution
$C_6H_5—CH_2—N\langle{}^{CH_2—CH_2}_{CH_2—CH_2}\rangle O$ N-morpholylbenzylamine	251	»	Hypotension	»	Légère sensibilisation	Sans action	»
$C_6H_5—CH_2—CH_2—N\langle{}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ N-diéthyl-β phényléthylamine	226	Hypertension	»	Dimin., tendance à l'invers.	Inversion	Suppr., tendance à l'invers.	Inversion
$C_6H_5—CH_2—CH_2—N\langle{}^{CH_2—CH_2}_{CH_2—CH_2}\rangle O$ N-morpholyl-β phényléthylamine	265	Hypotension	»	Sans action	Diminution	Diminution	Diminution
$C_6H_5—CH_2—CH_2—CH_2—N\langle{}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ N-diéthylphénylpropylamine	229	»	» très forte	Diminution	Dimin., tendance à l'invers.	Suppr.	Suppr.
$C_6H_5—CH_2—CH_2—CH_2—N\langle{}^{CH_2—CH_2}_{CH_2—CH_2}\rangle O$ N-morpholylphénylpropylamine	270	Sans action	Hypotension	Pas de modific.	Diminution	Diminution	Suppr.

BACTÉRIOLOGIE. — *Premières données sur la production d'une « Streptomycinase » par certaines souches microbiennes.* Note (*) de MM. **Émile Arquie**, **Bernard Sureau**, **Fernand Boyer** et M[lle] **Micheline Saviard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il y a un an nous avons eu l'occasion d'isoler chez un malade de l'hôpital Pasteur une souche de *B. pyocyanique* capable d'inhiber les cultures d'*Actinomyces griseus*; récemment nous avons étudié un *entérocoque* possédant, de façon marquée, la même propriété. Par la suite, nous avons observé, pour deux souches d'entérocoque de collection, la même action sur le développement d'*A. griseus*.

Les filtrats des cultures de ces souches, tant le *B. pyocyanique* que l'*entérocoque*, sont capables, même à faible concentration, d'inactiver la Streptomycine. Nous pensons être là en présence d'un enzyme, que l'on pourrait dénommer *Streptomycinase*, et qui se définit par les caractères suivants :

1° *Spécificité*. — Ces filtrats inactivent la Streptomycine; ils restent sans action sur la Pénicilline. Cette spécificité est telle qu'elle nous a permis de faire

(*) Séance du 28 juin 1948.

Action des filtrats de cultures d'Entérocoque et de B. pyocyanique sur la Streptomycine.

			Filtrats entérocoques.									
	Témoin.		1 cm³.		1/2 cm³.		1/4 cm³.		1/10 cm³.		1/20 cm³.	
Streptomycine unités pour 5 cm³).	24h.	48h.	24h.	48h.	24h.	48h.	24h.	48h.	24h.	48h.	24h.	48h.
....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
....	—	—	—	+++	—	+++	—	+++	—	—	—	—
....	—	—	+	+++	+	+++	—	+++	—	+++	—	+++
....	—	—	+++		+++		+++		+++		+++	
....	—	—	+++		+++		+++		+++		+++	
....	—	+++	+++		+++		+++		+++		+++	
....	+++	—	+++		+++		+++		+++		+++	
Témoins (staphylocoque) o....	+++		+++		+++		+++		+++		+++	
			Pyocyanique.									
....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
....	—	—	+++		+++		+++		±	+++	±	+++
....	—	—	+++		+++		+++		+++		+++	
....	—	—	+++		+++		+++		+++		+++	
....	—	+++	+++		+++		+++		+++		+++	
....	+++	—	+++		+++		+++		+++		+++	
Témoins (staphylocoque) o....	+++		+++		+++		+++		+++		+++	

des dosages différentiels dans des sangs de malades recevant un traitement pénicillo-streptomyciné.

Ces dosages ont été effectués de la façon suivante :

A des tubes de 5 cm³ de peptone glucosée additionnée de doses variables de streptomycine, on ajoute des filtrats d'entérocoque ou de B. pyocyanique à différentes concentrations; on ensemence avec une culture de 24 heures de staphylocoque Oxford (de façon à obtenir une concentration finale de 10^{-4}). Des témoins montrent que les filtrats n'ont par eux-mêmes aucun pouvoir antibiotique et qu'ils sont stériles.

2° *Pas d'action antibiotique propre.*

3° *Comportement analogue à celui des enzymes.* — Il n'y a pas de proportionnalité entre la quantité de filtrat et son activité; il faut tenir compte pour définir l'activité des filtrats, de leur dilution, de la concentration de la Streptomycine en présence de la température, de la durée du contact, etc.

5. *Inhibition* par le B. pyocyanique et par l'Entérocoque des *cultures d'Actinomyces.*

On n'obtient pas de cultures d'*Actinomyces* lorsqu'on ensemence en même temps que les spores, le B. pyocyanique ou l'Entérocoque (5 gouttes de culture

de 24 heures par boîte de Roux 200$^{cm^3}$); lorsque le germe n'est apporté que 12 à 24 heures après l'ensemensement de l'Actinomyces, on note une action empêchante suivie d'une régression de la culture (dissociation du voile en particulier).

Préparation de la *Streptomycinase*.

Les produits que nous avons étudiés ont été obtenus :

a. Soit en filtrant sur bougie L 3 des cultures de 7 à 12 jours de B. pyocyanique et d'Entérocoque; *b*. soit en filtrant sur bougie L 3 des cultures analogues, surensemencées avec des spores d'Actinomyces.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude de cet enzyme. Cette Note n'a d'autre but que de signaler nos premiers résultats. Nous n'avons pas encore rencontré dans la littérature, l'indication de faits analogues.

A 15^{h}50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}30^m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1948.

Pubblicazioni dell' Istituto matematico della regia universita di Roma. *Serie, sistemi d'equivalenza e corrispondenze algebriche sulle varietà algebriche*, par Francesco Severi. Volume primo. Roma, Edizioni Cremonese, 1942, XX ; 1 vol. 25cm.

Pontificiæ academiæ scientiarum scripta varia. *Funzioni quasi abeliane*, par Francesco Severi. Ex ædibus academicis in civitate vaticana, 1947 ; 1 vol, 24cm,5.

Académie d'agriculture de France. Extrait du *Procès-verbal* du 17 mars 1948. *Fermentations du vin à basse température*, par M. de Boixo, 1 fasc. 21cm,5.

Encyclopédie pratique du naturaliste. XXV. *Microscopie pratique*, par Georges Deflandre. Deuxième édition. Paris, Paul Lechevalier, 1947 ; 1 vol. 16cm.

Pour connaître la pensée de Marcelin Berthelot, par Albert Ranc. Paris, Éditions Bordas, 1948 ; 1 vol. 23cm (présenté par M. M. Delépine).

Société d'études historiques et géographiques de l'Isthme de Suez. *Nouvelle carte des massifs cristallins culminants de la Péninsule du Sinaï*, par Jacques Daumas ; 1 notice 29cm et 3 croquis : *Massifs cristallins culminants de la Péninsule du Sinaï* ; 1 pl. 15cm × 16cm,5 à l'échelle de 1/100000. — *Hauts Plateaux granitiques et environs* ; 1 pl. 21cm × 27cm. — *Écran montagneux méridional du gebel Katherine* ; 1 pl. 27cm × 21cm. — Cartes du *gebel Oum Shomer, gebel Serbal, Monastère de Sainte-Catherine* ; 3 pl. 29cm × 28cm au 1/100000. *Péninsule du Sinaï. Massif de Freiah* ; 1 pl. 39cm × 29cm,5 au 1/50000.

Que sais-je ? La toxicologie, par René Fabre. Paris, Presses universitaires de France, 1948 ; 1 vol. 17cm,5.

L'analyse dimensionnelle, par Robert Esnault-Pelterie. Lausanne, F. Rouge et Cie, 1948 ; 1 vol. 23cm,5.

Les engrais phosphatés, par André Sanfourche. Paris, Dunod, 1947 ; 1 vol. 25cm.

Les instruments mathématiques de la statistique. Distributions à densité de probabilité continue avec une note sur les notions de loi et d'hypothèse probabilistes, par Lucien Féraud. Lausanne, F. Rouge et Cie, et Paris, Gauthier-Villars, 1946 ; 1 vol, 23cm,5.

Institut royal colonial belge. *Mémoires*. Tome XVI. Fasc. 8 et dernier. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale*. IX. *Sur des espèces du genre* Capsicum L. (*Solanacées*), par Émile De Wildeman et L. Pinaert. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1948 ; 1 fasc. 24cm.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Extrait. *La récession des nébuleuses extra-galactiques* (3e partie), par P. Drumaux. Louvain, Secrétariat de la Société scientifique de Bruxelles, 1948 ; 1 fasc. 24cm,5.

Ministère des travaux publics et des transports. Institut géographique national. *Rappor, sur l'activité de l'Institut géographique national*. (Années 1943 et 1944). Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1947 ; 1 vol. 26cm.

Traité d'océanographie physique. T. III. *Les mouvements de la mer*, par Jules Rouch. Paris, Payot, 1948; 1 vol. 23cm.

Microscopie. Organe de la Société française de microscopie théorique et appliquée. T. I. N° 1. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1948; 1 fasc. 24cm.

Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. T. I. Fasc. 1, 2 et 3. Paris, Presses universitaires de France, 1947 et 1948; 3 fasc. 25cm,5.

Ensayo de una bibliografia de los ingenieros industriales, par Manuel de Foronda y Gómez. Madrid, Estades Artes gráficas, 1948; 1 vol. 28cm,5.

Atvinnudeild Háskólans. Rit Landbunadardeildar.

A. Flokkur. Nr 1. *Rannsókn á Vidnamsprótti Islenzks Saudfjár gegn Mædiveikinni*, par Halldór Pálsson. *Reykjavik*, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

Id. — B. Flokkur. Nr 1. *Kornrœktartibraunir á sámsstödum og Vidar. Gerdar árin* 1923-1940, par Klemenz Kr. Kristjánsson. *Reykjavik*, 1946; 1 vol. 24cm,5.

Id. — A. Flokkur. Nr 2. *Rannsóknir á Jurtasjúkdómum*, 1937-1946, par Ingólfur Davidsson. Reykjavik, 1947; 1 fasc. 24cm,5.

Id. — B. Flokkur. Nr 2. *Studies on the origin of the Icelandic Flora*. I. *Cylo-Ecological Investigations on cakile*, par Askell Löve and Doris Löve. Reykjavik, 1947.

Bulletin technique Japy. N° 1. Arcueil, Éts Japy Frères, 1948; 1 fas. 27cm.

Tables de butée, de poussée et de force portante des fondations, par Albert Caquot et Jean Kerisel. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 fasc. 25cm.

Mannel de paléontologie animale, par Léon Moret, Paris, Masson, 1948; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Dimitri Prianichnikov**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Moscou, le 30 avril 1948 et de M. **Louis Léger**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, survenu à Grenoble, dans la nuit du 6 au 7 juillet 1948.

Notice nécrologique sur M. Louis-Urbain-Eugène Léger (1866-1948), par M. **Maurice Caullery**.

Louis Léger, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Anatomie et Zoologie depuis le 3 décembre 1928, était né à Loches le 7 septembre 1866. Il est décédé à Grenoble dans la nuit du 6 au 7 juillet. Avec lui disparaît un des meilleurs zoologistes de sa génération, dont l'activité continue et ardente s'est manifestée dans des directions variées, mais bien coordonnées, les principales étant la Protistologie et la Pisciculture.

Il avait fait sa thèse de doctorat (*Recherches sur les Grégarines*, 1892) à Poitiers, dans le laboratoire d'Aimé Schneider, et s'était, par elle, révélé comme un remarquable observateur. Sa carrière le conduisit bientôt à la Faculté de Marseille, comme chef de travaux (1894), puis à celle de Grenoble, comme chargé de cours (1898) et professeur titulaire (1902). Il ne devait plus la quitter.

Léger a marqué sa place avant tout dans la Protistologie, en élucidant le cycle évolutif d'un grand nombre de types parasites de nombreux groupes : Grégarines, Coccidies, Myxosporidies, etc., à la période où cette partie de la zoologie a fait des progrès décisifs. Je ne puis entrer ici dans le détail de ses nombreuses et brillantes recherches, portant sur des formes nombreuses et variées. Je citerai seulement, à titre d'exemple, pour les Grégarines, celles sur le cycle évolutif de *Stylorhynchus longicollis* (1904), où il a intégralement reconstitué, sur le vivant et sur matériaux fixés, toutes les phases et le détail de la reproduction sexuée (sporogonie) et, en particulier, de la fécondation.

Il n'a pas tardé à entrer, dans cette voie, en collaboration durable avec O. Duboscq. Parmi leurs recherches faites en commun, je signalerai, pour les Grégarines, la remarquable découverte du cycle à deux hôtes des *Porospora* et des *Aggregata*, dont la multiplication asexuée (schizogonie) a lieu chez des Crustacés (Homards, Crabes, etc.), et la reproduction sexuée (sporogonie) dans des Mollusques (Gastéropodes ou Lamellibranches, Céphalopodes). C'est là un des résultats, à tous égards, les plus brillants obtenus dans l'étude des Sporozoaires.

Léger a fait aussi de nombreuses et importantes recherches (souvent en collaboration avec Duboscq) sur les Coccidies, les Myxosporidies, les Actinomyxidies, les Microsporidies. Il a été ainsi un des principaux maîtres de l'étude des Sporozoaires.

On lui doit beaucoup aussi dans l'étude des Flagellés parasites des Insectes piqueurs, en particulier des formes plus ou moins voisines des Trypanosomes. De même il a apporté de fort intéressantes contributions à la connaissance des Infusoires parasites de l'intestin des Batraciens et des Poissons.

Avec Duboscq, il a fait connaître tout un groupe de Protistes parasites de l'intestin des Arthropodes, les Éccrinides, qu'ils ont montré devoir être rattachés aux Champignons.

Ce ne sont là que des indications très sommaires. La recherche et l'étude de ces divers parasites avait conduit Léger à explorer de façon approfondie la faune aquatique et terrestre du Dauphiné et, occasionnellement, de la Corse. Il a publié ainsi des travaux assez nombreux sur divers groupes de Crustacés, Insectes, Myriapodes, etc.

Beaucoup de ces recherches se rattachent d'ailleurs à l'ensemble qui constitue le second grand champ de son activité, la Pisciculture. Il a rendu à celle-ci des services de premier ordre pour la mise en valeur des torrents et des lacs du Dauphiné. Il a étudié méthodiquement la valeur nutritive des cours d'eau de montagne et les conditions d'alimentation des poissons qui y vivent, réalisant ainsi une documentation d'ensemble et des méthodes qui ont été sanctionnées dans la pratique, non seulement en France, mais aussi à l'étranger, notamment en Belgique. D'autre part, il s'est attaqué à la nocivité du déversement dans les rivières des produits résiduels de l'industrie et a tracé tout un programme pour y remédier. Ces recherches l'ont conduit à créer, à la Faculté de Grenoble, un laboratoire de pisciculture très bien conçu, auquel il a donné une grande activité et où sont venus se former de nombreux travailleurs français et étrangers. Les *Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble* formaient, au moment de sa retraite, un ensemble important.

Ces indications très sommaires donneront, je l'espère, une idée de l'ampleur théorique et pratique de l'œuvre de Louis Léger. Elle a largement honoré la zoologie française. J'ajoute que l'homme était hautement sympathique et il laisse le meilleur souvenir à tous ceux qui l'ont connu.

Au nom de la Commission des Poids et Mesures, M. le **Président** donne lecture du vœu suivant relatif au rattachement de l'unité monétaire au système métrique qui, adopté par l'Académie en Comité secret le 5 juillet, a été transmis aux pouvoirs publics :

« L'Académie des sciences,

Considérant que l'unité monétaire française a été rattachée au système métrique tant que le franc a été défini par un poids de métal précieux,

Émet le vœu :

que, s'il était procédé à la stabilisation légale du franc ou à la définition d'une nouvelle unité monétaire, le rapport entre la masse du métal précieux et sa valeur monétaire soit représenté par un nombre décimal simple,

et exprime le souhait d'être consultée sur la meilleure solution à adopter pour atteindre ce but. »

M. **Georges Darrieus** rend compte de la Cérémonie qui a eu lieu à La Seyne-sur-Mer, à l'occasion du baptême du navire câblier d'Arsonval et remet à l'Académie, de la part du Ministre des Postes, Télégraphes et Téléphones qui lui en fait hommage, une réplique en bronze de la plaquette qui orne le salon des officiers de ce bateau.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'addition vectorielle des ensembles de mesure nulle.* Note de M. **Émile Borel**.

Définitions. — La *somme vectorielle* de deux ensembles A et B est l'ensemble dont les éléments sont $a+b$, a étant un élément de A et b un élément de B.

Un *ensemble à définition numérique* est l'ensemble de nombres dont le développement, dans un certain système de numération de base m, s'écrit au moyen de p chiffres seulement, p étant inférieur à m.

La *raréfaction logarithmique* d'un tel ensemble est égale, par définition, au quotient de $\log p$ par $\log m$.

Théorème I. — *Pour que la somme vectorielle de plusieurs ensembles à définition numérique soit de mesure nulle il suffit que la somme des raréfactions logarithmiques de ces ensembles soit inférieure à l'unité.*

Pour démontrer ce théorème, j'ai utilisé des méthodes analogues à celles de M. Marshall Hall Jr dans son intéressant mémoire [1], mais, tandis que M. Marshall Hall, pour définir un ensemble de mesure nulle non dense,

[1] *On the sum and product of continued fractions* (*Annals of Mathematics*, 2e série, vol. 48, n° 4, oct. 1947, p. 966). Voir également : Mirimanoff, *Sur un problème de la mesure* (*Fundamenta mathematicæ*, 4, 1923, p. 118) et Sophie Piccard, *Sur les ensembles de distances d'un ensemble de points* (*Mémoires de l'Université de Neufchatel*, 13, 1939).

procède par étapes successives, en introduisant à chaque étape un seul intervalle contigu dans chacun des intervalles conservés, il m'a été nécessaire d'introduire simultanément *plusieurs* intervalles contigus dans le même intervalle.

Par exemple, pour définir l'ensemble, à définition numérique décimale, des nombres dont le développement décimal n'utilise que les chiffres 2, 5, 8, la première étape consiste à considérer l'intervalle

$$0,2222\ldots,\quad 0,8888\ldots.$$

A la seconde étape, on supprime les deux intervalles contigus

$$0,28888\ldots,\quad 0,52222\ldots \quad \text{et} \quad 0,58888\ldots,\quad 0,82222\ldots,$$

ce qui laisse subsister 3 intervalles, dans chacun desquels on placera également deux intervalles contigus, ce qui en donnera 9, et ainsi de suite.

L'exemple simple des ensembles décimaux définis, l'un avec les chiffres 0, 1, 2, 3, 4, l'autre avec les chiffres 0 et 5, montre qu'il n'est pas possible de remplacer dans l'énoncé le mot *inférieure* par *inférieure ou égale*. Mais, bien entendu, la condition suffisante de l'énoncé n'est pas nécessaire.

En utilisant des bases de numération de plus en plus grandes, on peut définir une infinité dénombrable d'ensembles dont les raréfactions logarithmiques forment une série convergente. On pourrait aussi étendre la notion de raréfaction logarithmique aux systèmes de numération à base variable, tels que la numération factorielle.

Les résultats précédents s'étendent à des ensembles de mesure nulle plus généraux. Nous dirons qu'une fonction positive *croissante* $f(x)$ est *modérément discontinue* dans un intervalle ouvert s'il existe un nombre positif A tel que, x étant un nombre donné dans cet intervalle, on puisse prendre h assez petit pour que l'on ait

$$\frac{f(x)}{f(x-h)} < A \quad \text{et} \quad \frac{f(x+h)}{f(x)} < A.$$

La définition est analogue pour une fonction positive décroissante.

Soit E un ensemble de mesure nulle non dense défini dans l'intervalle 0 — 1 par une infinité d'intervalles contigus. Plaçons tous les intervalles contigus, en nombre fini, de longueur supérieure ou égale à x. Soit $N(x)$ le nombre des intervalles restants et $P(x)$ leur longueur totale; nous supposerons que les fonctions $N(x)$ et $P(x)$ sont modérément discontinues pour toutes les valeurs positives (non nulles) de x et nous poserons

$$\rho(x) = \frac{\log N(x)}{\log N(x) - \log P(x)}.$$

Soient ρ_1 et ρ_2 les limites inférieures et supérieures de $\rho(x)$ *pour x infini*. Nous dirons que la *raréfaction logarithmique* de l'ensemble E est comprise entre ρ_1 et ρ_2. On a alors le théorème, généralisant le théorème I.

Théorème II. — *Si la somme des limites supérieures ρ_2 des raréfactions logarithmiques de plusieurs ensembles E_n est inférieure à l'unité, la somme vectorielle de ces ensembles est de mesure nulle.*

L'hypothèse que $N(x)$ et $P(x)$ sont modérément discontinues est essentielle; elle doit être vérifiée pour tous les E_n (sauf peut-être un seul d'entre eux).

Si l'on a une infinité dénombrable d'ensembles de raréfaction ρ_2 égale à zéro, le théorème ne s'étend pas nécessairement à leur somme. Par contre, si l'on a une infinité d'ensembles E_n tels que pour E_n, la valeur de $\rho(x)$ soit *constamment* inférieure à ε_n, en dessous d'une valeur de x qui est la même pour tous les E_n et si la somme des ε_n est inférieure à l'unité, la somme vectorielle des E_n est de mesure nulle (la condition de *discontinuité modérée* étant vérifiée d'une *manière uniforme* pour l'ensemble des E_n).

La notion de fonction *modérément discontinue* me paraît devoir jouer un rôle important dans beaucoup de questions. On pourrait établir une classification des fonctions positives croissantes qui ne sont pas modérément discontinues en remplaçant A par une fonction croissante donnée de x.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Application de la théorie de la couche limite au problème des oscillations d'un fluide visqueux et pesant dans un tube en* U. Note (*) de MM. **Théodore de Kármán** et **Jacques Valensi**.

En supposant le liquide très faiblement visqueux on peut admettre que le frottement ne se manifeste qu'au voisinage même de la paroi et que le reste de la colonne oscille d'un bloc.

Soient T la pseudo-période de ce mouvement oscillatoire (avec $T = 2\pi/\omega$) et λT le décrément logarithmique. La vitesse sur l'axe du tube peut s'écrire

$$v = v_0\, e^{-\lambda t} \cos \omega t.$$

La variation de l'énergie cinétique au cours d'une pseudo-période est avec l'approximation ci-dessus

$$\Delta E = \pi R_\rho^2\, l\, \frac{1}{2} v_0^2 (1 - e^{-2\lambda T}) \# \pi R_\rho^2\, l v_0^2\, \lambda T, \tag{1}$$

avec R rayon intérieur du tube, ρ masse spécifique du liquide, l longueur de la colonne oscillante.

Évaluons d'autre part le travail des forces de frottement pendant le même temps. Il est commode pour cela de supposer la paroi mobile avec une vitesse $v = v_0 \cos \omega t$. On commet en négligeant l'amortissement une erreur relative de l'ordre de λ/ω. Cette erreur, qui est de l'ordre de 6 % pour $R^2(\omega/\nu) \# 200$, est évidemment une fonction décroissante de $R^2(\omega/\nu)$.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

On a

$$(2) \qquad \Delta\mathcal{E} = 2\pi R l \int_0^T v_0 \tau \cos\omega t \, dt \qquad \text{avec} \quad \tau = -\mu\left(\frac{dv}{dy}\right)_0$$

et v donné par l'équation

$$(3) \qquad \frac{dv}{dt} = \nu \frac{d^2 v}{dy^2},$$

et les conditions aux limites

$$(3') \qquad \begin{cases} v = v_0 \cos\omega t & \text{pour } y = 0, \\ v \to 0 & \text{pour } y \to \infty. \end{cases}$$

La solution de (3), (3′) est

$$v = v_0 e^{-\frac{\eta}{\sqrt{2}}} \cos\left(\omega t - \frac{\eta}{\sqrt{2}}\right) \qquad \text{avec} \quad \eta = y\sqrt{\frac{\omega}{\nu}}.$$

L'épaisseur de la couche limite est donc de l'ordre de $\sqrt{\nu/\omega}$.

On a, d'autre part,

$$\tau = -\mu\left(\frac{dv}{dy}\right)_0 = \mu v_0 \sqrt{\frac{\omega}{\nu}} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right),$$

d'où

$$(4) \qquad \Delta\mathcal{E} = 2\pi R l \mu v_0^2 \sqrt{\frac{\omega}{\nu}} \frac{T}{2\sqrt{2}}.$$

Égalant ΔE et $\Delta\mathcal{E}$, il vient

$$(5) \qquad \frac{\lambda}{\omega} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{R^2\omega}{\nu}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Cette expression est très voisine de la loi expérimentale donnée pour le 2e régime d'oscillation, dans une précédente Note (1), soit

$$\frac{\lambda}{\omega_p} = 0,82\left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

L'hypothèse d'une couche limite laminaire serait donc suffisante pour rendre compte de la plus grande partie du frottement dans le 2e régime et pour des oscillations de très petite amplitude.

M. **Gustave Ribaud** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire publié en collaboration avec M. **Edmond Brun** dans le *Mémorial des Sciences Physiques* et intitulé *La convection forcée de la chaleur. Fluide s'écoulant normalement à un cylindre.*

---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 893.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie du Catalogue de *l'Algothèque* du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire naturelle, publié par ses soins, avec la collaboration de M. Pierre Bourrelly.

M[lle] **Simone De Wildeman** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume en deux volumes de son Père, **Émile De Wildeman**, intitulé *Stérilité ou vieillissement et disparition des espèces végétales*, paru dans les *Mémoires* de l'Académie Royale de Belgique.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gabriel Bertrand**, **Maurice Javillier**, **Robert Courrier**, **Jacques Tréfouël** sont désignés pour représenter l'Académie au huitième Congrès que la **Société de Chimie Biologique** organise à Paris, les 6, 7 et 8 octobre 1948.

M. **Georges Poivilliers** est désigné pour représenter l'Académie au sixième **Congrès International de Photogrammétrie**, qui se tiendra à La Haye, du 1[er] au 10 septembre 1948.

CORRESPONDANCE.

M. **Waclav Sierpinski**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *E. Gäumann. Pflanzliche Infektionslehre* (présenté par M. Roger Heim).

2° *Godofredo Garcia.* Une série de fascicules relatifs à ses travaux de mathématique.

3° *Mathematische Nachrichten.* Publikationen des Forschungsinstituts für mathematik der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin und der mathematischen Institute der Universität Berlin. Tome I, n° 1.

4° *Annali di Geofisica.* Rivista dell'Istituto nazionale di Geofisica (Roma). Volume I, n° 1.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Topologie induite par un pseudo-diamètre.* Note de M. **Alfredo Pereira Gomes**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à une Note récente [1] dont nous adoptons la terminologie.

---

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2112.

Soit $\mathcal{E}$ un lattice complet, muni d'un pseudo-diamètre $\delta(x)$ qui prend ses valeurs dans un système partiellement ordonné Σ. Nous appelons *sphéroïde fermé* [resp. *ouvert*] de noyau a et rayon $\lambda > 0$ la réunion $V(a, \lambda)$ [resp. $U(a, \lambda)$] de a et tous les éléments $x \in \mathcal{E}$ tels que $x \cap a \neq 0$, $\delta(x) \leq \lambda$ [resp. $\delta(x) < \lambda$]. Nous appelons *fermeture* d'un élément $a \in \mathcal{E}$ l'élément $\bar{a} \in \mathcal{E}$ qui est l'intersection des sphéroïdes fermés de noyau a et rayon > 0 : $\bar{a} = \bigcap_{\lambda > 0} V(a, \lambda)$.

On a $\bar{0} = 0$, $\bar{a} \supseteq a$, $\overline{a \cup b} \supseteq \bar{a} \cup \bar{b}$, quels que soient a, $b \in \mathcal{E}$.

Nous disons que cette topologie est *induite* par $\delta(x)$. Les pseudo-diamètres uniformément équivalents induisent la même topologie sur $\mathcal{E}$.

Nous disons qu'un élément $f \in \mathcal{E}$ est *fermé* si $\bar{f} = f$; et qu'un élément $g \in \mathcal{E}$ est *ouvert* si $g \cap \bar{x} \neq 0$ implique $g \cap x \neq 0$.

Nous avons démontré les théorèmes suivants :

Si le lattice $\mathcal{E}$ est distributif, $\bar{\bar{a}} = \bar{a}$. Si, de plus, le pseudo-diamètre est filtrant, $\overline{a \cup b} = \bar{a} \cup \bar{b}$. Si, en outre, Σ n'a pas un *second* élément, la fermeture de chaque élément $a \in \mathcal{E}$ est égale à l'intersection des sphéroïdes ouverts de noyau a et rayon > 0 : $\bar{a} = \bigcap_{\lambda > 0} U(a, \lambda)$.

Si $\mathcal{E}$ est distributif et atomique et si le pseudo-diamètre est séparatif, la fermeture $\bar{x}$ de chaque élément $x \in \mathcal{E}$ est égale à la réunion des atomes a_i tels que pour chaque $\alpha > 0$, il existe un atome $x_i \subseteq x$ tel que $\delta(a_i \cup x_i) \leq \alpha$.

Ce résultat, qui établit une liaison de la topologie induite par un pseudo-diamètre avec la topologie des espaces écartisés, est un cas particulier de la proposition suivante :

Si $\mathcal{E}$ est distributif et si la condition P 6 [2] *est vérifiée, pour que $b \subseteq \bar{a}$ il faut et il suffit que pour chaque $\alpha > 0$ et chaque b' tel que $0 \subset b' \subseteq b$, $\delta(b') \leq \varphi(\alpha)$, il existe a' tel que $0 \subset a' \subseteq a$, $\delta(a' \cup b') \leq \alpha$.*

Soit maintenant $\delta(x)$ un pseudo-diamètre filtrant vérifiant les deux conditions suivantes : (1) Σ est tel que si $0 \leq \beta < \alpha$, il existe γ pour lequel $\beta < \gamma < \alpha$; (2) si $0 < \beta < \alpha$ il existe $\gamma > 0$ tel que $x \cap y \neq 0$, $\delta(x) \leq \beta$, $\delta(y) \leq \gamma$ impliquent $\delta(x \cup y) \leq \alpha$.

Ces conditions impliquent d_1 [1] et sont remplies, en particulier, par tout diamètre. Nous appelons $\delta(x)$ *quasi-diamètre*.

Dans un lattice $\mathcal{E}$ complet et distributif, muni d'un quasi-diamètre vérifiant P6, *tout sphéroïde ouvert est un élément ouvert.* Alors, si l'ensemble des éléments $\neq 0$ de Σ possède un sous-ensemble dénombrable qui lui soit *inclu-*

---

(2) Dans la Note citée ci-avant, E étant le dernier élément de $\mathcal{E}$, nous énonçons P6 : quel que soit $\alpha > 0$, $E = \bigcup x$ avec $\delta(x) \leq \alpha$. Si $\mathcal{E}$ est distributif, on peut renplacer P6 par la condition : quels que soient $a \in \mathcal{E}$ et $\alpha > 0$, $a = \bigcup x$ avec $\delta(x) \leq \alpha$.

sivement équivalent ([3]), *tout élément fermé de $\mathcal{E}$ est égal à l'intersection d'un ensemble dénombrable d'éléments ouverts.*

Nous disons qu'une application Φ d'un lattice complet pseudo-diamétré $\mathcal{E}$ dans un lattice complet pseudo-diamétré $\mathcal{E}'$ est *continue* si $\Phi(\overline{x}) \subseteq \overline{\Phi(x)}$ quel que soit $x \in \mathcal{E}$.

Si Φ est un homomorphisme de réunion complète ([4]) *tel que $x \neq 0$ implique $\Phi(x) \neq 0$, la continuité uniforme de Φ entraîne la continuité de Φ.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur diverses applications de la géométrie intégrale du contour gauche.* Note (*) de M. **Gustave Guillaumin**, présentée par M. Élie Cartan.

Ce que j'ai indiqué très brièvement, dans une précédente Note, relativement à l'ouvrage, actuellement à l'impression, écrit en collaboration avec M. André Bloch, et intitulé *La géométrie intégrale du contour gauche*, concernait l'espace affine ou l'espace euclidien à trois dimensions et les *tenseurs caractéristiques* les plus simples attachés au contour. Les auteurs se sont efforcés de généraliser la théorie dans diverses directions.

Tout d'abord, ainsi qu'il a été observé dans la Note précitée, il existe, attachés au contour gauche, des tenseurs caractéristiques de tous ordres. Il s'introduit alors tout naturellement la notion de *fonctionnelle caractéristique*, attachée au contour, développable suivant les composantes des tenseurs caractéristiques des divers ordres. Des fonctionnelles de ce genre se rencontrent d'ailleurs en physique et en hydrodynamique (potentiel-vecteur, angle solide, potentiel des vitesses, etc.) et quelques-unes d'entre elles ont été étudiées à titre d'application. A cette occasion les auteurs ont été amenés à établir un parallèle assez suggestif entre cette géométrie vectorielle considérée par eux et la géométrie des masses : par exemple, un *multiplet* a comme homologue, dans ce parallèle, un *polygone gauche*, de telle façon que la neutralité (nullité de la masse totale) correspond à la fermeture du polygone, la nullité du moment dipolaire à l'évanouissement du vecteur-aire, etc.

En second lieu, l'extension simple et naturelle de nos théories à des espaces généraux nécessitait l'existence, dans ces espaces, de déplacements possédant le même degré de généralité que ceux de l'espace euclidien, donc possédant la libre mobilité; cette condition limitait en conséquence l'extension aux espaces localement euclidiens et aux espaces localement elliptiques ou hyperboliques

---

([3]) M. Fréchet, *Port. Math.*, 5, 1946, p. 123.

([4]) C'est-à-dire : $\Phi\left(\bigcup_{i \in I} x_i\right) = \bigcup_{i \in I} \Phi(x_i)$.

(*) Séance du 28 juin 1948.

à courbure constante. En fait, nous avons été conduits à essayer d'étendre notre géométrie intégrale du contour gauche à l'espace non euclidien classique; ceci a nécessité, tout d'abord, le développement d'une théorie non euclidienne des vecteurs glissants, question qui ne laisse pas d'être assez délicate.

Enfin, l'un de nous a donné quelques indications sur l'extension à l'espace à n dimensions. Si l'on fait porter cette extension sur une variété linéaire fermée, on introduit un *bivecteur-aire* (bivecteur général, non simple) attaché à la variété considérée, et défini, comme dans le cas de trois dimensions, soit à partir d'une variété bilatère à deux dimensions appuyée au contour, soit à partir du système de vecteurs représenté par le contour. Mais le mode d'extension qui a paru le plus intéressant (du point de vue métrique) réside dans la considération d'une variété fermée à $n-2$ dimensions, ce qui donne lieu à une assez large généralisation des propriétés obtenues dans l'espace à trois dimensions, en raison de la possibilité, dans ce cas, de généraliser de manière simple le système vectoriel de M. Hadamard.

Le point de vue local des espaces à connexion affine, traité par M. Eugène Cotton, n'était pas dans le cadre de notre étude et n'a pas été abordé par nous.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La polarisation circulaire et l'opérateur rotationnel du champ de Maxwell.* Note (*) de M. JEAN G. VALATIN présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations de Maxwell du champ $\Phi=(i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ dans le vide s'écrivent sous la forme opératorielle (¹)

$$i\frac{\partial}{\partial t}\Phi = c\,\mathrm{rot}_{\varepsilon}\Phi \tag{1}$$

avec les conditions $\mathrm{div}\, i\mathrm{E}=\mathrm{div}\,\mathrm{H}=0$. L'opérateur rotationnel a la forme

$$\mathrm{rot}=\frac{1}{i}\left(\frac{\partial}{\partial x}\sigma_x+\frac{\partial}{\partial y}\sigma_y+\frac{\partial}{\partial z}\sigma_z\right)=\left(\frac{1}{i}\nabla.\sigma\right). \tag{2}$$

Considérons dans l'espace à 3 dimensions les champs

$$\left\{\begin{array}{l}(\mathrm{H}_x, \mathrm{H}_y, \mathrm{H}_z)=a\,e^{-i\frac{\omega}{c}z}(1,-i,0)\\ (\mathrm{H}_x, \mathrm{H}_y, \mathrm{H}_z)=a\,e^{i\frac{\omega}{c}z}(1,i,0)\end{array}\right. \qquad \mathrm{rot}\,\mathrm{H}=+\frac{\omega}{c}\mathrm{H}, \tag{3}$$

$$\left\{\begin{array}{l}(\mathrm{H}_x, \mathrm{H}_y, \mathrm{H}_z)=a\,e^{-i\frac{\omega}{c}z}(1,i,0)\\ (\mathrm{H}_x, \mathrm{H}_y, \mathrm{H}_z)=a\,e^{i\frac{\omega}{c}z}(1,-i,0)\end{array}\right. \qquad \mathrm{rot}\,\mathrm{H}=-\frac{\omega}{c}\mathrm{H}. \tag{4}$$

Les parties réelles et imaginaires des champs (3) représentent avec les deux facteurs de temps $e^{-i\omega t}$ ou $e^{+i\omega t}$ des ondes planes monochromatiques de polarisation circulaire gauche se propageant dans la direction $\pm z$, tandis que les

(*) Séance du 28 juin 1948.

(¹) Pour les notations, voir une Note précédente (*Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 39).

champs (4) correspondent aux ondes de polarisation circulaire droite. On voit que le spectre positif et négatif de l'opérateur rotationnel est lié à la polarisation circulaire gauche et droite des ondes.

Par décomposition de Fourier, un champ général peut être réduit à des ondes planes de cette forme et un champ général est, ainsi, la somme de deux champs, $\Phi = \Phi_{+}^{\text{rot}} + \Phi_{-}^{\text{rot}} = E_{+}^{\text{rot}}\Phi + E_{-}^{\text{rot}}\Phi$, correspondant au spectre positif et négatif de l'opérateur rotationnel et liés à une propriété de polarisation circulaire. Cette propriété est invariante par rapport à une transformation de Lorentz sans inversion.

L'introduction des solutions complexes des équations de Maxwell double le nombre des solutions par rapport aux solutions réelles et toutes les ondes classiques peuvent être obtenues avec le seul facteur $e^{-i\omega t}$. On peut alors se borner en général à des solutions appartenant au spectre positif de l'opérateur *crot* ε.

L'opérateur ε commute avec l'opérateur rotationnel. Ses valeurs propres ± 1 correspondent à $iE = \pm H$. Par restriction au spectre positif de l'opérateur *rot* ε les valeurs ± 1 de l'opérateur ε correspondent au spectre $\pm$ de l'opérateur rotationnel. On peut ainsi caractériser la polarisation circulaire des ondes par les valeurs propres ± 1 du simple opérateur algébrique ε indépendant des variables d'espace-temps. La propriété $iE = \pm H$, et par suite les domaines spectraux de l'opérateur ε, sont invariants par rapport aux transformations de Lorentz sans inversion.

En introduisant $p_x = (1/i)\,\partial/\partial x, \ldots, p = +\sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}$, on peut transformer les fonctions de x, y, z, t en fonctions de p_x, p_y, p_z, p_0. Avec les cosinus directeurs $\beta_x = p_x/p$, $\beta_y = p_y/p$, $\beta_z = p_z/p$, $\beta_x^2 + \beta_y^2 + \beta_z^2 = 1$, on a dans l'espace à 3 dimensions l'opérateur

$$(5)\qquad \Lambda = \frac{\text{rot}}{p} = \begin{pmatrix} 0 & -i\beta_z & +i\beta_y \\ +i\beta_z & 0 & -i\beta_x \\ -i\beta_y & +i\beta_x & 0 \end{pmatrix} \quad \text{avec } \Lambda^3 = \Lambda, \quad \Lambda^4 = \Lambda^2.$$

La matrice Λ a des valeurs propres ± 1, 0 avec des vecteurs propres normés

$$(6)\qquad \begin{cases} U_{+1} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\dfrac{1}{\sqrt{\beta_x^2+\beta_y^2}}(\beta_x\beta_z - i\beta_y,\ \beta_y\beta_z + i\beta_x,\ -\beta_x^2 - \beta_y^2), \\ U_0 = (\beta_x,\ \beta_y,\ \beta_z), \\ U_{-1} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\dfrac{1}{\sqrt{\beta_x^2+\beta_y^2}}(\beta_x\beta_z + i\beta_y,\ \beta_y\beta_z - i\beta_x,\ -\beta_x^2 - \beta_y^2). \end{cases}$$

Selon (5) et (6) l'opérateur $1 - \Lambda^2$ est le projecteur des ondes longitudinales

$$(7)\qquad E_0^{\text{rot}} = E_{\text{long}} = \begin{pmatrix} \beta_x^2 & \beta_x\beta_y & \beta_x\beta_z \\ \beta_y\beta_x & \beta_y^2 & \beta_y\beta_z \\ \beta_z\beta_x & \beta_z\beta_y & \beta_z^2 \end{pmatrix} = 1 - \Lambda^2$$

et Λ^2 représente ainsi le projecteur des ondes transversales. On obtient pour les différents domaines spectraux de l'opérateur *rot*, les projecteurs

$$(8)\quad \begin{cases} E_+^{rot} = \frac{1}{2}(\Lambda^2+\Lambda) = \frac{1}{2}\left(\frac{rot^2}{p^2}+\frac{rot}{p}\right), \\ E_0^{rot} = E_{long} = 1-\Lambda^2 = 1-\frac{rot^2}{p^2}, \\ E_-^{rot} = \frac{1}{2}(\Lambda^2-\Lambda) = \frac{1}{2}\left(\frac{rot^2}{p^2}-\frac{rot}{p}\right), \end{cases} \qquad \begin{array}{l} E_{tr} = E_+^{rot}+E_-^{rot} = \Lambda^2 = \frac{rot^2}{p^2}. \\ E_{tr}+E_{long} = E_+^{rot}+E_0^{rot}+E_-^{rot} = 1. \end{array}$$

Aux valeurs propres ± 1 de l'opérateur ε correspondent les projecteurs $(1+\varepsilon)/2$ et $(1-\varepsilon)/2$. Les projecteurs de l'opérateur $rot\varepsilon$ de l'équation (1) sont alors, dans l'espace des Φ

$$(9)\quad \begin{cases} E_+ = E_+^{rot}\frac{1+\varepsilon}{2}+E_-^{rot}\frac{1-\varepsilon}{2} = \frac{1}{2}(\Lambda^2+\Lambda\varepsilon), \\ E_0 = E_0^{rot} = E_{long} = 1-\Lambda^2, \\ E_- = E_+^{rot}\frac{1-\varepsilon}{2}+E_-^{rot}\frac{1+\varepsilon}{2} = \frac{1}{2}(\Lambda^2-\Lambda\varepsilon), \end{cases} \qquad \begin{array}{l} E_+^2 = E_+, \\ E_++E_0+E_- = 1. \end{array}$$

Les ondes longitudinales caractérisées par le projecteur $E_0 = E_{long}$ sont exclues par la condition $\operatorname{div} iE = \operatorname{div} H = 0$ tandis que la restriction au spectre positif de l'opérateur $rot\varepsilon$ restreint les ondes transversales au domaine du projecteur E_+. La condition $E_+\Phi = \Phi$ est invariante relativiste.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les moyennes et les lois de probabilité en mécanique ondulatoire.* Note (*) de M. JEAN BASS, présentée par M. Louis de Broglie.

Wigner a, le premier, construit une fonction $f(x, u, t)$ jouant formellement le rôle de densité de probabilité pour le système position-vitesse et compatible avec les principes de la mécanique ondulatoire. La démonstration de sa formule a été donnée plus tard ([1]) en supposant la fonction d'onde indéfiniment dérivable et en utilisant des développements en série. Je vais ici, en me servant d'une formule démontrée par E. Arnous dans sa thèse, indiquer une démonstration plus courte et plus générale de la formule de Wigner, la discuter, et étudier un cas particulier. Je me placerai dans un mélange ayant un noyau statistique $S(x, y, t)$.

I. Pour former la fonction caractéristique φ de f, il suffit de connaître pour $s=1$ la fonction $\psi_s = [\exp i(\alpha x+\beta p)s]S$. ψ_s est la solution de l'équation aux dérivées partielles

$$(1)\qquad \frac{1}{i}\frac{\partial\psi_s}{\partial s} = (\alpha x+\beta p)\psi_s = \alpha x\psi_s - \frac{\beta h}{i}\frac{\partial\psi_s}{\partial x}, \qquad p = -\frac{h}{i}\frac{\partial}{\partial x},$$

(*) Séance du 5 juillet 1948.

([1]) J. BASS, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 46. Pour le détail des calculs, voir aussi le début d'une Note de J. VILLE, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 529.

qui se réduit à $S(x, y, t)$ pour $s = 0$. (1) s'intègre facilement. On trouve

$$(2)\quad \psi_s = S(x - h\beta s, y, t)\exp\left[i\alpha\left(sx - \frac{h\beta s^2}{2}\right)\right], \qquad \varphi = \int_{-\infty}^{\infty} S\left(x - \frac{h\beta}{2}, x + \frac{h\beta}{2}, t\right) e^{i\alpha x}\, dx,$$

φ n'est pas, en général, une fonction caractéristique par rapport à α et β.

II. La fonction f permet de calculer la moyenne attachée à tout opérateur A (par exemple self-adjoint ou unitaire). Je vais donner de ce résultat une démonstration simple, qui conduit à une formule équivalente à celle qu'a le premier donnée J. Yvon ([2]). Pour faire apparaître la symétrie entre x et p, il est naturel de remplacer S par sa *transformée de Fourier*,

$$(3)\qquad S_1(x, y, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi h}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{\frac{ixx'}{h}} S(x', y, t)\, dx'.$$

A_x agissant sur les fonctions de x, la variable aléatoire associée à A a pour valeur moyenne

$$(4)\qquad \overline{A} = \frac{1}{\sqrt{2\pi h}} \iint S_1(y, x, t)\, A_x\, e^{-\frac{ixy}{h}}\, dx\, dy.$$

Or, d'après l'expression de φ, et par suite de f, on a

$$S(y, x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} f\left(\frac{x+y}{2}, u, t\right) e^{\frac{i}{h}(x-y)u}\, du,$$

$$S_1(y, x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi h}} \iint f\left(\frac{x+y'}{2}, u, t\right) e^{\frac{i}{h}[(x-y')u + yy']}\, du\, dy',$$

ce qui permet d'écrire

$$\overline{A} = \iint a(x, u) f(x, u, t)\, dx\, du,$$

avec

$$(5)\qquad a(x, u) = \frac{1}{h\pi} \iint e^{-\frac{2i}{h}(\lambda - x)(\mu - u)}\, e^{\frac{i\lambda\mu}{h}} A_\lambda\, e^{-\frac{i\lambda\mu}{h}}\, d\lambda\, d\mu.$$

Si l'*opérateur* A est *fonction* des opérateurs x, p, il n'y a pas entre les *variables aléatoires* A, x, p de relation fonctionnelle. Cependant il existe bien une *fonction* $a(x, u)$ dont la moyenne relative à la densité de probabilité formelle f soit $\overline{A}$.

III. Plaçons-nous dans un cas pur où $S(x, y, t) = \psi(x, t)\psi^*(y, t)$, et prenons pour A l'opérateur $\exp[i(\alpha x + \beta p + \gamma H)]$ où $H = V(x, t) + (1/2)p^2$ est l'opérateur hamiltonien (la masse étant prise égale à 1). A est un opérateur unitaire fonction de x, p. Mais (5) ne donne pas de procédé pratique pour former $\overline{A}$, qui est la fonction caractéristique (formelle) Φ de x, *p et de l'énergie*

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 347. L'idée du présent mode de démonstration est due à M. Arnous.

(au moins si V ne dépend pas de t), et ne met pas en évidence le fait que x, p, H sont trois *variables aléatoires distinctes.*

THÉORÈME. — *Pour calculer* Φ, *il suffit de savoir résoudre l'équation de Schrödinger pour l'hamiltonien* $H_\mu = H + \mu x$ (μ, *paramètre quelconque*). *La détermination de* Φ *se ramène a celle de la fonction caractéristique* (*formelle*) *de* x et H.

Désignons par $g(x, t, s, \mu)$ la solution de l'équation aux dérivées partielles $(h/i)(\partial g/\partial s) = H_\mu g$ qui se réduit à $\psi(x, t) \exp\left[-(i/h)(\beta/\gamma)x\right]$ pour $s = 0$. On trouve

$$(6) \qquad \Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{i}{h}\frac{\beta}{\gamma}\left(x - \frac{h}{2}\beta\right)} g\left(x, t, h\gamma, \frac{\alpha}{\gamma}\right) \psi^*(x, t)\, dx.$$

Si H_μ a un spectre discret, avec pour valeurs propres $E_n(\mu)$ et pour fonctions propres normées $g_n(x, \mu, t)$, on a aussi

$$(7) \qquad \Phi = e^{-\frac{i\beta^2}{2\gamma}} \sum_n e^{i\gamma E_n\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right)} \left| \int_{-\infty}^{\infty} e^{\frac{i}{h}\frac{\beta}{\gamma}x} \psi^*(x, t)\, g_n\left(x, \frac{\alpha}{\gamma}, t\right) dx \right|^2.$$

Cas particulier. — Si $\alpha = \beta = 0$, Φ est la fonction caractéristique de l'opérateur H. g (où ne figure plus μ) est la solution de l'équation $(h/i)(\partial g/\partial s) = Hg$, qui se réduit à la solution ψ de l'équation $(h/i)(\partial\psi/\partial t) = H\psi$. Ces deux équations ne sont pas identiques, *sauf si* V *ne dépend pas de t. Dans ce cas*, H est l'énergie, et

$$(8) \qquad \Phi = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t + h\gamma)\psi^*(x, t)\, dx.$$

Bien entendu, Φ ne dépend de t qu'en apparence.

CHALEUR. — *Application du mécanisme moléculaire à une théorie approchée des phénomènes thermocinétiques.* Note (*) de M. **PIERRE VERNOTTE**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué, dans une Note précédente ([1]), que la théorie continue, bien qu'inadmissible, permettait cependant de rendre compte des aspects expérimentaux des mouvements de la chaleur. C'est un simple souci de correction intellectuelle qui pousse à l'édification d'une théorie plus satisfaisante. Une théorie moléculaire véritable (qui serait d'ailleurs actuellement prématurée) ne pouvant être qu'extrêmement compliquée, nous allons essayer de conserver le cadre continu en nous contentant de lui apporter les retouches simples qu'impose le mécanisme discontinu de la chaleur.

Ce qui choque dans la théorie classique, ce sont les infinis et les instantanéités, car, la progression d'un flux de chaleur signifie dans son mécanisme

---

(*) Séance du 5 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 43.

profond, qu'une certaine quantité de mouvement désordonné ou de mouvement vibratoire atteint successivement de nouvelles tranches de molécules par le jeu des chocs intermoléculaires. Autrement dit, c'est par une nouvelle distribution de vitesses qui s'est créée dans le milieu que progresse la chaleur. Or, l'établissement de cette distribution, qui pourrait être suivie dans ses détails par les lois de la mécanique rationnelle, n'est pas immédiat. L'essentiel du mécanisme moléculaire c'est donc que la capacité du milieu à transmettre la chaleur n'apparaît que progressivement. La stylisation simple qui exprimera ce caractère très spécial, ce sera de considérer la diffusivité thermique D comme une fonction du temps partant de zéro et n'ayant sa pleine valeur D_0 qu'au bout d'un certain temps. Nous poserons par exemple

$$D = D_0(1 - e^{-(t/\tau)}).$$

Les conséquences de cette retouche n'étant importantes qu'aux petites valeurs du temps t, nous ne nous occuperons que de telles valeurs en posant $D = D_0 t/\tau$.

On trouve, dans ces conditions, que l'équation de la chaleur admet une solution ne dépendant que de la variable $u = x/t$, et qui, appliqué à un milieu illimité vers les $x > 0$ initialement froid et dont on porte brusquement à l'origine des temps la face $x = 0$ à la température T_0, se formule

$$T = \frac{2}{\sqrt{\pi}} T_0 \int_{\frac{x}{t}}^{\infty} e^{-\frac{\tau}{2D_0}u^2} du.$$

On trouve alors que le flux de chaleur initial est fini, et d'autre part que les distances atteintes par un signal d'une ampleur donnée sont proportionnelles aux temps mis à les atteindre. Nous n'avons donc plus d'infini, et il y a une véritable vitesse de progression.

Mais toutes les difficultés ne sont pas écartées, car nous trouvons encore un signal $T \neq 0$ à toute distance x, dès lors que t n'est plus nul. Or, en principe, c'est cette difficulté persistante de la théorie classique qui est le plus grave.

Mais observons qu'une telle difficulté, qui a toujours été le scandale de la théorie, n'est pas réelle; c'est nous qui la créons par nos conditions aux limites : il est en effet impossible d'imposer brusquement une nouvelle température sur la face d'un conducteur.

Avec la loi adoptée pour $D(t)$, l'équation de la chaleur ne comporte plus aucun non-sens physique, et par suite à des conditions aux limites physiquement possibles doivent correspondre des conséquences physiquement possibles.

L'apparition d'un signal non nul en tout point au bout d'un temps même très court, qui serait physiquement impossible si le signal avait été émis seulement sur la face $x = 0$, n'est donc que la conséquence des dispositions très compliquées qu'il aurait fallu prendre pour créer une signalisation ayant l'apparence d'un signal brusque localisé en $x = 0$.

Si l'on avait prétendu imposer en $x = 0$, non une température mais un flux, ce qui, à un examen superficiel, ne soulève pas de difficulté physique, la théorie indique encore l'apparition instantanée d'une manifestation thermique en tout point. Mais observons que l'on est dupe d'une fausse conception sur le rayonnement : un flux d'énergie rayonnante ne se transforme en effet en flux de chaleur $-\lambda S(\partial T/\partial x)$ qu'après l'absorption de l'énergie par le milieu matériel; le flux ne peut être considéré comme physiquement donné à l'entrée, sur la face $x = 0$.

La stylisation du mécanisme moléculaire en une conductivité thermique fonction du temps suffit donc à ôter tout paradoxe de la thermocinétique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Nouvelles observations sur l'effet Doppler dans la propagation des ondes radioélectriques décamétriques.* Note (*) de MM. **Bernard Decaux** et **Maurice Crouzard**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons poursuivi durant tout l'hiver les mesures de fréquences entreprises sur les émissions étalonnées du National Bureau of Standards, et qui ont fait l'objet d'une précédente Note ([1]). Les résultats obtenus ont confirmé les premières constatations, et au fur et à mesure de l'évolution de la saison, les heures auxquelles la fréquence reçue présente les plus grands écarts, ont suivi la variation des heures du lever et du coucher du Soleil.

A l'occasion des comparaisons internationales de mesures de fréquences organisées sous l'égide de l'Union Radioscientifique Internationale, des mesures ont été effectuées en très grand nombre pendant 4 journées consécutives, les 12, 13, 14 et 15 avril, entre 8^h et 22^h T. M. G. Nous avons récemment complété, par des mesures de nuit, les données ainsi recueillies. Il nous est ainsi possible de donner l'allure générale des phénomènes observés au cours d'une journée complète.

Le graphique joint montre la variation moyenne des écarts de fréquences mesurés (exprimés en 10^{-8}) en fonction de l'heure, pour les fréquences émises de 5, 10, 15 et 20 Mc/s. Nous avons porté en regard les heures du passage au méridien, du lever et du coucher du Soleil à Paris et à Washington.

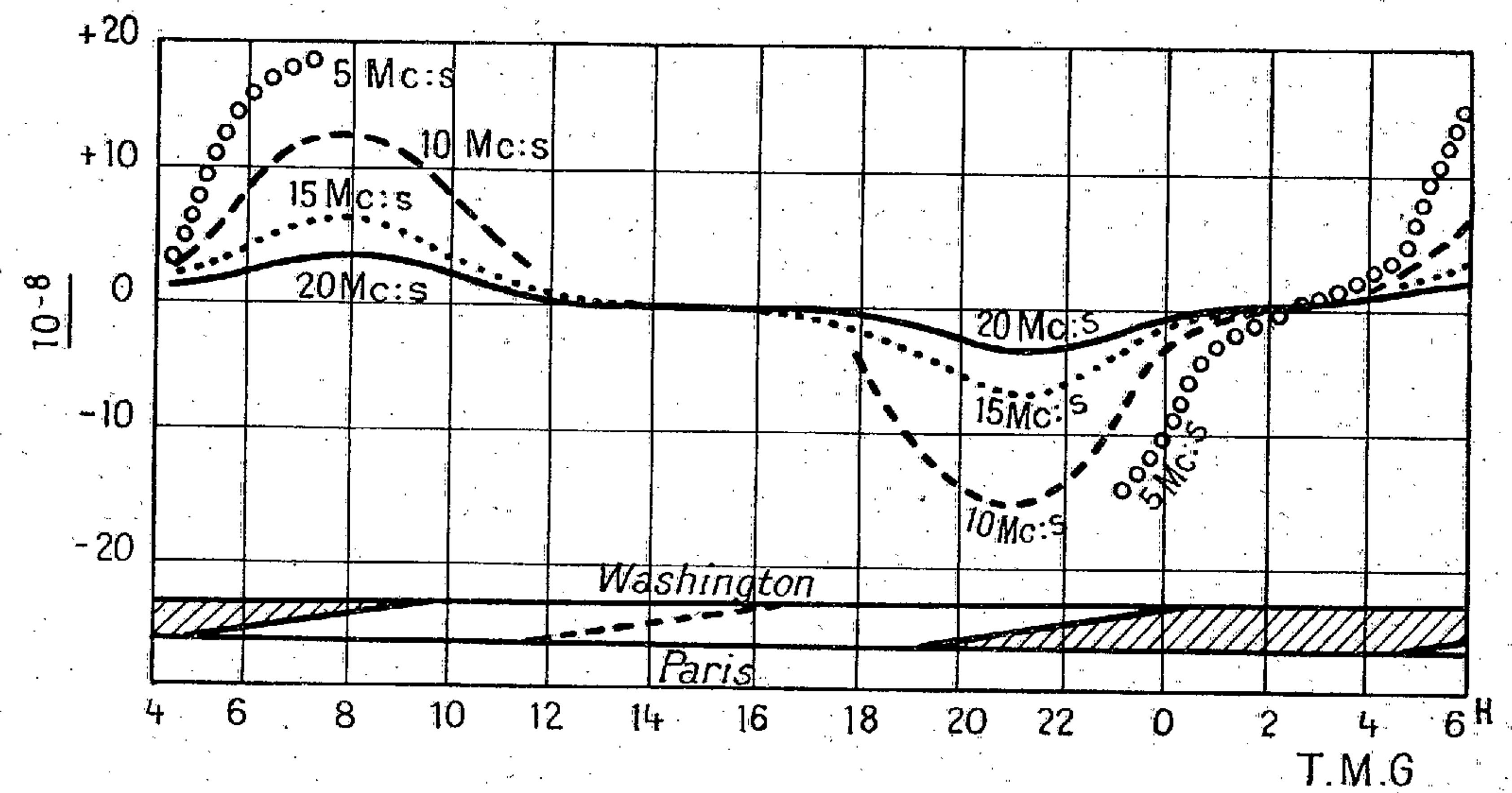
Les émissions de 5 et 10 Mc/s n'ont été reçues que pendant les heures de nuit comme il était prévu, les ondes de 15 et 20 Mc/s ayant été au contraire reçues en permanence.

On remarque que la fréquence mesurée présente un maximum à variation rapide correspondant au lever du Soleil sur le parcours des ondes, et un minimum correspondant au coucher. Maximum et minimum sont d'autant plus

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948 p. 328.

marqués que la fréquence émise est plus basse; on peut les estimer approximativement en moyenne de l'ordre de 20.10^{-8} pour 5 Mc/s; 15.10^{-8} pour 10 Mc/s; 8.10^{-8} pour 15 Mc/s; 5.10^{-8} pour 20 Mc/s. Dans les périodes où le trajet



s'effectue entièrement de jour ou entièrement de nuit, les fréquences reçues restent pratiquement égales entre elles (en valeur relative) et voisines de la valeur exacte. Néanmoins, elles semblent présenter une légère baisse générale du matin au soir, et une montée du soir au matin.

En conclusion, on peut affirmer que des mesures de fréquences effectuées en France sur les émissions américaines aux environs de 14 à 15^h T. M. G. ou de 2^h T. M. G., permettent d'utiliser toute la précision de l'émetteur, alors que des mesures effectuées le matin ou le soir peuvent comporter des erreurs importantes.

SPECTROSCOPIE. — *Détermination des courbes d'énergie potentielle de l'état excité des molécules* IH *et* BrH. *Comparaison des coefficients d'absorption calculés avec les coefficients expérimentaux.* Note (*) de M. **Jacques Romand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons montré comment on pouvait déterminer la courbe d'énergie potentielle de l'état excité de la molécule ClH, en utilisant la courbe d'absorption expérimentale. Il nous a paru intéressant d'entreprendre un travail identique sur BrH et IH, afin de compléter l'étude théorique de Mulliken ([2]) sur les acides halogénés.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

([1]) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2062-2064.

([2]) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 382. (On trouvera dans cet article d'autres références sur la question.)

Nous avons utilisé les résultats expérimentaux de Goodeve et Taylor ([3]) ([4]) pour l'ultraviolet proche, prolongés par les nôtres ([5]) dans l'ultraviolet lointain. Les calculs ont été faits par la méthode de la réflexion ([1]).

Pour IH, on ne peut pas représenter correctement la courbe d'absorption expérimentale par une seule équation du type trouvé pour ClH. Il y a donc deux transitions différentes (au moins) qui interviennent. Nous avons effectué la décomposition et la figure 1 représente $\log_{10}\varepsilon$ en fonction de ν, pour la courbe expérimentale [en (1)] et pour les deux courbes ainsi obtenues par le calcul [en (2) et (3)]. On a marqué par des + les points obtenus en faisant la somme des ε correspondant à ces courbes théoriques. Les différences en % (sur ε) avec les valeurs expérimentales sont les suivantes :

ν cm^{-1}.	30000.	32500.	35000.	38000.	41000.	46500.	50000.	55000.	57750.
$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$ %...	5	10	10	7	2,8	2	−6	−7,5	−12

Les maxima des deux courbes composantes sont distants de 6500 cm^{-1} et le

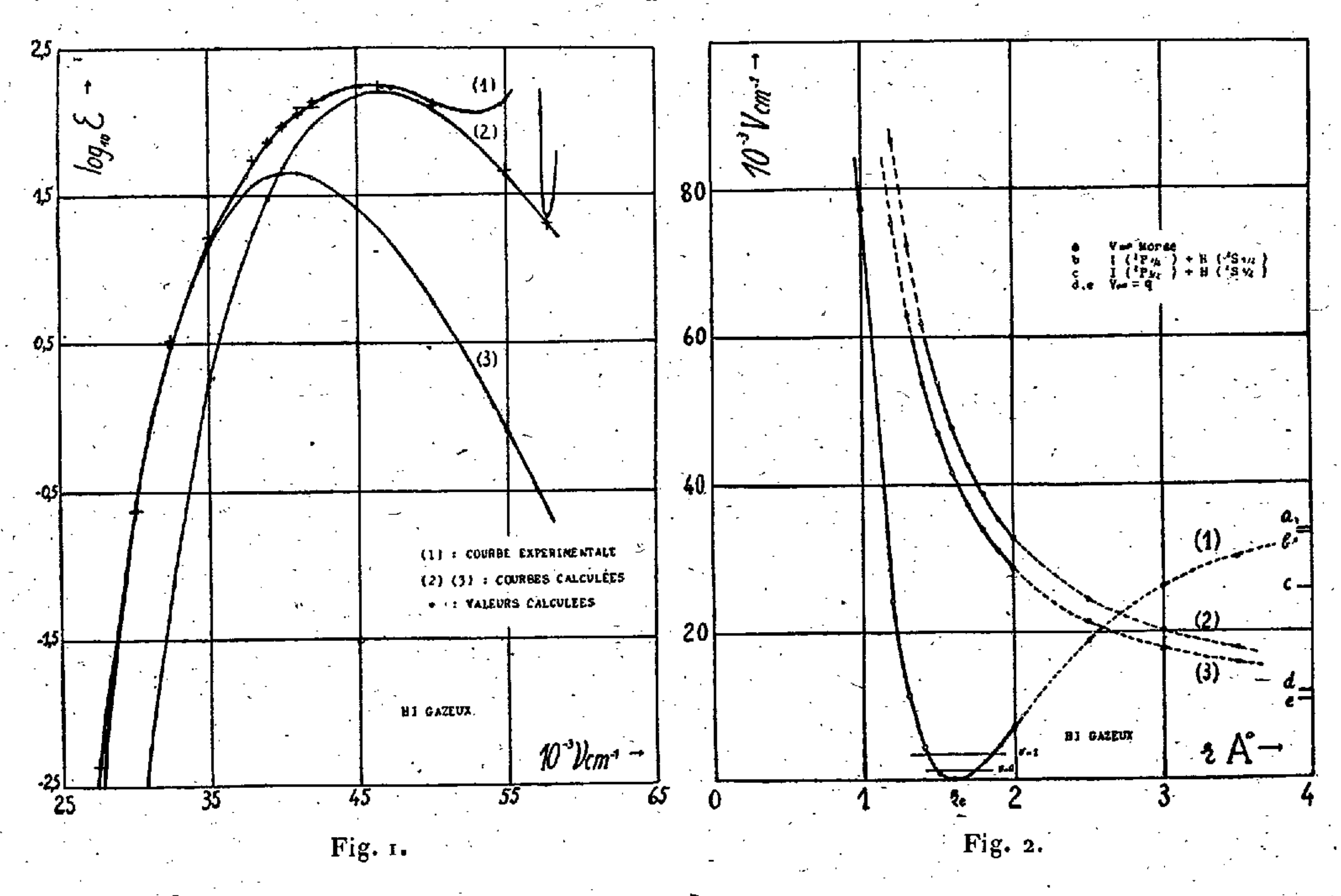


Fig. 1. Fig. 2.

rapport de leurs intensités est voisin de 3,6. Il est à remarquer que pour $\nu > 50000$ cm^{-1}, la courbe expérimentale présente d'autres bandes étroites et intenses ([5]). La correspondance que l'on observe entre la courbe théorique et

([3]) *Proc. Roy. Soc. London*, **152**, 1935, p. 221-230.
([4]) *Proc. Roy. Soc. London*, **154**, 1936, p. 181-187.
([5]) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 890-892.

les minima d'absorption situés entre ces bandes montre que pour ceux-ci l'absorption due aux bandes voisines est certainement faible.

Les courbes d'énergie potentielle obtenues sont représentées en (2) et (3) (*fig.* 2); la courbe (1) étant la courbe de Morse de l'état de base. Nous pouvons remarquer dès à présent que les produits de dissociation de ces deux transitions ne peuvent être que des atomes neutres $I(^2P_{3/2}) + H(^2S_{1/2})$, comme il est facile de le voir sur la figure, d'après le niveau des derniers points correspondant à des mesures expérimentales (trait plein) relativement aux niveaux correspondant aux énergies de dissociation en $I(^2P_{3/2})$ et $I(^2P_{1/2})$.

Pour BrH on peut représenter correctement la courbe d'absorption en utilisant une seule transition. Néanmoins certaines hypothèses théoriques prévoyant la possibilité d'existence de deux transitions, nous avons essayé de voir si la décomposition était possible. Nous avons pu l'effectuer (beaucoup plus difficilement que pour IH où la distance des maxima est importante) et nous avons obtenu deux courbes dont les maxima sont distants de 1 300 cm^{-1}, le rapport de leurs intensités étant 1,5 environ. La précision obtenue est à peu près la même par les deux méthodes. Le tableau suivant donne les différences en % (sur ε), dans le cas de la décomposition.

$\nu\,cm^{-1}$.	37500.	40000.	45000.	50000.	55000.	60000.	65000.	70000.
$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$ %.......	24	3,5	0,3	10,6	1,7	7	−3	13,4

Les mêmes remarques s'appliquent au cas de BrH, comme à celui de IH, en ce qui concerne la région $\nu > 65\,000\,cm^{-1}$, où apparaissent des bandes étroites et intenses.

La discussion théorique de ces résultats sera donnée ailleurs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme des deux modes de tripartition des noyaux lourds.* Note (*) de MM. **Jan de Boer** et **Sybren R. de Groot**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Différents auteurs [1] ont constaté que la tripartition des noyaux lourds sous l'action de neutrons se fait de deux manières nettement différentes. Dans le premier type (A) le troisième fragment m_3, qui est émis à côté des fragments lourds m_1 et m_2, a une trajectoire L courte ($L < 3^{cm}$ d'air), tandis que dans le deuxième type (B) le troisième fragment est de long parcours ($10^{cm} < L < 45^{cm}$). Tsien [1] a expliqué ce phénomène en s'appuyant sur la théorie de la tripartition [2], qui prévoit la possibilité de formation de trois gouttelettes colinéaires dans le noyau composé (*fig.* 1). Tsien émet l'hypothèse de deux situations

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) Pour la bibliographie *voir* : Tsien S. T., *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1257.

(2) R. D. Present, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 466.

initiales A et B différentes (*fig.* 2) et montre par le calcul que la répulsion coulombienne donne des parcours (et des angles d'émission) pour le troisième fragment qui sont en accord avec ce qu'on trouve expérimentalement sur les deux modes de tripartition A et B respectivement.

Il nous semble que cette hypothèse peut être justifiée de façon simple par la mécanique quantique quand on se rend compte du fait que le fragment m_3, qui est d'abord relié à m_1 et m_2 (*fig.* 1), subit une vibration quasi harmonique sous l'action des répulsions coulombiennes des fragments. La force entre m_1 et

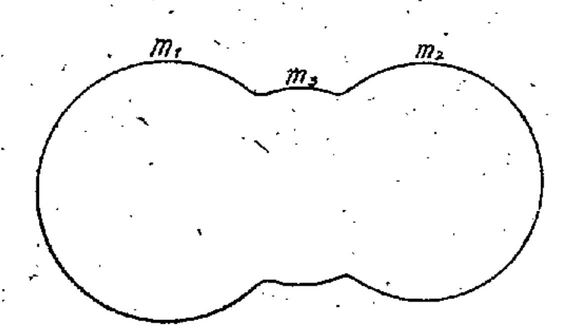


Fig. 1. — Forme possible du noyau composé, suivant Present.

m_2 varie parce que la distance entre m_1 et m_2 n'est pas constante au cours de l'oscillation. La constante de proportionnalité de la force de rappel exercée sur m_3 se calcule facilement; elle est égale à $\beta = (Ze)^2/2a^3$, où $Z \simeq 45$ est la charge moyenne de m_1 et m_2 et $a = r_1 + 2r_3 + r_2 = 20.10^{-13}$ cm (*fig.* 2).

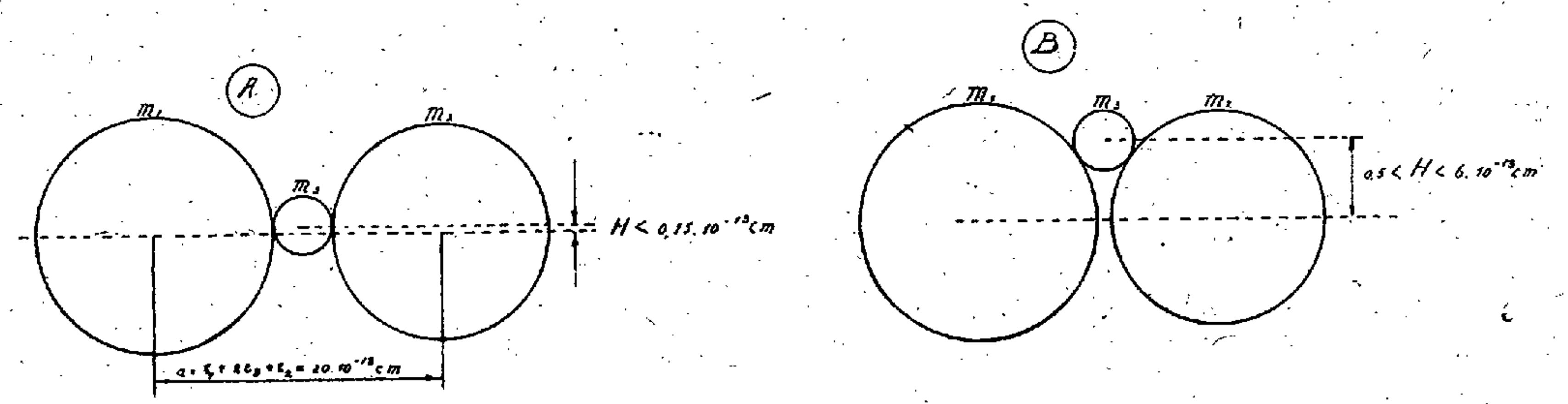


Fig. 2. — Modèles de Tsien pour rendre compte de la tripartition avec émission d'un troisième fragment de court (A) et de long (B) parcours.

(Le volume et la surface du noyau restent constants pendant cette vibration.) Or, cette vibration est quantifiée et les maxima de la densité de probabilité de l'état fondamental et du premier état excité se trouvent à des distances $x = 0$ et $x = \hbar^{\frac{1}{2}}(m_3\beta)^{-\frac{1}{4}} = 2^{\frac{1}{4}}\hbar^{\frac{1}{2}}(Ze)^{-\frac{1}{2}}a^{\frac{3}{4}}m_3^{-\frac{1}{4}} = 1,5.10^{-13}$ cm à l'écart de l'axe de symétrie du noyau composé si nous prenons $m_3 = 6$. Il existe donc un accord entre ces nombres x et les distance H postulées par Tsien (*fig.* 2), de sorte que *les situations initiales* A *et* B *s'expliquent comme les deux états quantiques les plus bas d'un oscillateur harmonique.*

Les énergies de vibration du type A et B sont

$$\frac{1}{2}\hbar\omega = \frac{1}{2}\hbar\sqrt{\frac{\beta}{m_3}} = 1,6\,\text{MeV} \quad \text{et} \quad \frac{3}{2}\hbar\sqrt{\frac{\beta}{m_3}} = 4,8\,\text{MeV},$$

des ordres de grandeur qui sont certainement disponibles une fois que le seuil de la situation critique de la tripartition est dépassé, ce qui est déjà légèrement le cas dans les modèles de la figure 2. Le temps d'oscillation $2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{m_3/\beta}$ est de l'ordre de 10^{-21} sec, et donc beaucoup plus petit que la vie moyenne du noyau composé, ce qui est au moins nécessaire.

La tripartition avec émission d'une troisième particule de trajectoire courte (type A) est trouvée dans 1,1 à 1,4 % de toutes les fissions dans les cas de ^{235}U et ^{239}Pu (fissions par neutrons thermiques) et dans ceux de ^{238}U et ^{232}Th (fissions par neutrons rapides). L'émission d'un troisième fragment de long parcours (type B) est constatée exclusivement dans le cas de la capture de neutrons lents : pour ^{235}U dans 0,3 à 0,4 % et pour ^{239}Pu dans 0,2 % de toutes les fissions. Tsien [1] suppose qu'une excitation E faible favorise le type B et qu'une excitation E forte l'exclut. L'énergie d'excitation dans l'état critique de fission $E = E_{cin} + E_n - E_f$ [E_{cin}, énergie cinétique du neutron; E_n, énergie de liaison du neutron dans le noyau composé, E_f, énergie critique de fission supposée la même environ pour bi- et tripartition [2]] est de $0 + 6{,}4 - 4{,}9 = 1{,}5$ MeV pour $^{236}U^*$ et de $0 + 6{,}8 - 3{,}8 = 3{,}0$ MeV pour $^{240}Pu^*$ (neutrons thermiques). Pour les deux cas de $^{239}U^*(E_f = 5{,}5,\ E_n = 5{,}1)$ et $^{233}Th^*(E_f = 6{,}5,\ E_n = 5{,}2)$ l'excitation E est forte quand E_{cin} est suffisamment grande. Cette explication de Tsien semble en contradiction avec la théorie de la vibration de m_3, développée plus haut, parce que dans celle-ci on s'attendrait à une plus forte proportion du type B lorsque l'excitation est plus forte. Nous voulons faire remarquer qu'il serait possible qu'en réalité l'excitation E des noyaux $^{239}U^*$ et $^{233}Th^*$, dont on a observé la tripartition, ne soit que très faible. Grâce au fait que pour ces noyaux $E_n - E_f < 0$, cette possibilité existe lorsque E_{cin} a une valeur appropriée. Pour les noyaux $^{236}U^*$ et $^{240}Pu^*$ on a, par contre, toujours au moins une excitation E de 1,5 resp. de 3,0 MeV parce que $E_n - E_f > 0$. Pour trancher cette question, il nous semble très important d'effectuer des expériences avec des neutrons *monocinétiques*, dont l'interprétation est plus sûre que celles avec des neutrons de plusieurs énergies. Nous proposons notamment le bombardement de ^{235}U et ^{239}Pu par des neutrons rapides et aussi celui des différents noyaux lourds par des neutrons d'une telle énergie que $E_{cin} + E_n - E_f$ soit positive, mais très faible.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement β du mésothorium 2 et du mésothorium 1.* Note de M. **Marcel Lecoin**, Mme **Marguerite Perey** et M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le schéma de la désintégration du thorium montre que la désintégration du mésothorium 1 doit se faire par le processus β. Cependant, la plupart des auteurs [1] qui ont étudié ce radioélément ont conclu à la non-existence de ce

(1) Meitner, *Phys. Zeit.*, 19, 1918, p. 257.

rayonnement. Seuls Lee et Libby ([2]) ont signalé l'existence d'un spectre continu β dont la limite supérieure serait de 57 ekV.

Nous avons repris l'étude de ce rayonnement par la méthode de la chambre de Wilson.

L'obtention du mésothorium 1 dans un état de pureté radioactive suffisante est un problème difficile à résoudre par suite de son isotopie avec le radium et de la courte période de son descendant immédiat mésothorium 2, qui se reforme en quantité appréciable dans MTh 1 initialement pur au cours d'expériences de quelque durée. Nous nous sommes servis d'un produit de mésothorium 1 contenant une faible proportion de radium (0,8 %). En extrayant régulièrement le radiothorium qui se forme à partir de mésothorium 1 pendant un mois, nous avons obtenu MTh 1 contenant moins de 0,5 % de son isotope ThX.

La séparation chimique de MTh 1 du MTh 2 est effectuée par précipitation par de l'ammoniaque parfaitement décarbonatée.

Pour l'étude du rayonnement β, nous avons utilisé soit une chambre de Wilson à pression ordinaire, soit la chambre de Wilson à pression réduite construite par M. F. Joliot ([3]). Les sources à étudier sont introduites directement à l'intérieur de la chambre.

Avec la chambre à pression normale, nous avons successivement étudié le rayonnement β émis par MTh 2 pur, puis celui du MTh 1 en équilibre radioactif avec MTh 2, enfin celui de MTh 1 initialement pur. Le spectre continu β du MTh 2 avait déjà été établi par l'un de nous pour les énergies supérieures à 60 ekV ([4]). Ces nouvelles expériences ont montré que le nombre d'électrons émis avec une énergie inférieure à cette valeur est approximativement le même que celui qui est émis avec une énergie supérieure dans les mêmes conditions d'angle solide.

D'autre part, il ne semble pas y avoir émission simultanée d'un rayon β rapide et d'un rayon β de faible énergie.

Le spectre β du mésothorium 1 + mésothorium 2 en équilibre radioactif est exactement semblable à celui de MTh 2 seul et semble uniquement attribuable à ce dernier radioélément. La présence d'une quantité parfaitement déterminée et invariable de radium dans MTh 1 permet de calculer le nombre de désintégrations du MTh 1 et MTh 2 dans un certain intervalle de temps, d'après le nombre de rayons α du radium émis pendant le même temps, et d'affirmer qu'il y a environ deux rayons β émis par désintégration de MTh 2.

Le spectre du MTh 1 initialement pur à pression normale permet de voir qu'un certain nombre de rayons β (moins de 3 % désintégrations) sont néan-

---

([2]) *Phys. Revers*, 55, 1939, p. 251.
([3]) *J. Phys. et Radium*, 5, 1934, p. 216.
([4]) M. Lecoin, *J. Phys. et Radium*, 9, 1938, p. 81.

moins attribuables à la désintégration de MTh 1, l'énergie de ces rayons étant inférieure à 15 ekV.

A pression réduite, le nombre d'électrons attribuable à MTh 1 est de 15 % à 20^{cm} de pression initiale, et de 16 % à 10^{cm} de pression initiale. Les conditions expérimentales permettent de voir des rayons β d'énergie aussi basse que 1,5 ekV qui ont un parcours de 5^{mm} à une pression initiale de 10^{cm}. Le nombre de ces rayons de très basse énergie ne semble pas augmenter lorsque le parcours des rayons β est doublé.

La répartition spectrale de ces rayons en fonction de l'énergie est faite d'après la mesure du parcours projeté. Le spectre obtenu avec 20^{cm} de pression initiale coïncide, dans la limite des erreurs expérimentales, avec le spectre obtenu avec 10^{cm} de pression initiale : ce spectre débute vers 1,5 ekV et présente deux maxima nets à 3 et 5 ekV et peut être un autre à 8 ekV. La limite supérieure du spectre étant approximativement de 12 ekV.

La précision des déterminations de l'énergie des rayons par le parcours est trop faible pour qu'on puisse affirmer qu'il s'agisse de raie β d'origine secondaire. On peut affirmer en tous cas, que si les électrons de désintégration de MTh1 sortent de l'atome, 85 % au moins de ces électrons ont une énergie inférieure à 1,5 ekV. Le problème de l'existence ou non-existence de ces électrons de désintégration du MTh 1 est analogue à celui qui se pose pour l'actinium [5].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la vapeur d'eau adsorbée et de la compression sur les réactions dans l'état solide.* Note (*) de MM. **Charles Haasser** et **Hubert Forestier**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons déjà mis en évidence [1], [2] l'influence des états de surface et de la vapeur d'eau adsorbée sur la vitesse de réaction entre oxydes métalliques solides. Ces expériences avaient été effectuées à une température (415°) à laquelle les phénomènes de diffusion sont négligeables. Il était intéressant d'examiner l'action de la vapeur d'eau dans un intervalle de température suffisamment étendu et particulièrement dans le domaine où se manifestent les phénomènes de diffusion.

L'ensemble de ce travail a été repris en étudiant ces réactions à des températures échelonnées entre 300° et 700°.

Nous donnerons seulement ci-dessous les résultats obtenus sur les mélanges d'oxydes $Fe_2O_3 + NiO$, précipités séparément, desséchés à 100° dans un vide

---

(5) M. Lecoin et M. Perey, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 106.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

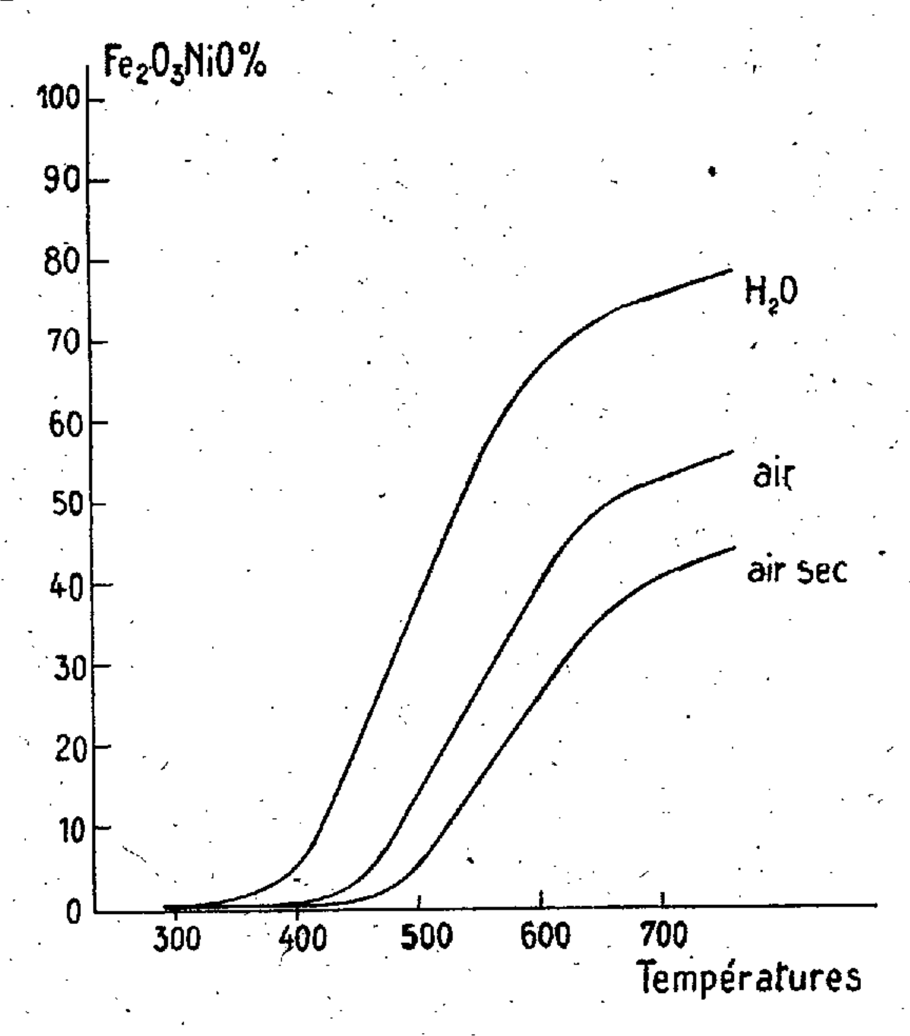
(1) H. Forestier et Ch. Haasser, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 188.

(2) H. Forestier et Ch. Haasser, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 240.

de 10^{-5} mm Hg, puis mélangés pendant 1 heure dans un broyeur du type *vibratome*.

Les courbes de la figure ci-dessous représentent les variations du pourcentage de ferrite formé en fonction de la température. Elles mettent en évidence les phénomènes suivants :

1° La courbe relative aux recuits dans l'air indique une faible vitesse de réaction à 100° qui croît rapidement à partir de 450°; cette vitesse diminue vers 600°, vraisemblablement par suite de l'épaisseur de la couche intermédiaire constituée par le produit de la réaction.



2° Pour les recuits en présence de vapeur d'eau, la courbe correspondante est nettement décalée suivant l'axe des ordonnées par rapport à la précédente et possède à partir de 350° un coefficient angulaire un peu supérieur; elle indique un accroissement marqué de la vitesse de réaction. Au delà de 625°, dans le domaine où apparaissent les phénomènes de diffusion à travers la couche intermédiaire, le coefficient angulaire des 2 courbes est pratiquement égal; la vapeur d'eau n'intervient plus que dans une faible mesure. Des résultats analogues ont été obtenus pour les ferrites de magnésium et de plomb; ils sont confirmés par l'étude des variations de la vitesse de réaction en fonction du temps.

Nous sommes donc conduits à admettre que l'influence de la vapeur d'eau se manifeste essentiellement sur la réaction proprement dite, *plutôt que sur les phénomènes de diffusion*.

Cette influence importante de la vapeur d'eau nous a incités à reprendre ces expériences en effectuant les recuits dans un courant d'air rigoureusement desséché sur P_2O_5.

La courbe *air sec* résume les résultats obtenus : ses ordonnées sont nettement inférieures à celles de la courbe relative aux recuits dans l'air; elle possède également un coefficient angulaire un peu inférieur, indiquant ainsi une diminution de la vitesse de réaction dans l'air sec. On peut donc admettre que *ces réactions entre solides peuvent être influencées par des traces de vapeur d'eau*.

Par ailleurs, nous avons étudié l'influence d'une variation de l'étendue des surfaces de contact, par compression préalable. Son effet se traduit par une augmentation de la vitesse de réaction — entre oxydes rigoureusement desséchés — pouvant atteindre le double de la vitesse initiale pour des pressions égales à 8000 kg/cm².

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les périodicités liées à la précipitation alcaline des sels de plomb*. Note (*) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Au cours d'un précédent travail ([1]) sur l'attaque des sels manganeux par les chromates alcalins, l'analyse plane dans la gélatine a discerné deux familles d'anneaux, correspondant respectivement aux deux composés en coexistence dans le précipité. La même méthode, présentement appliquée à la précipitation alcaline des sels de plomb, a mis en évidence un caractère rythmique de complexité supérieure encore.

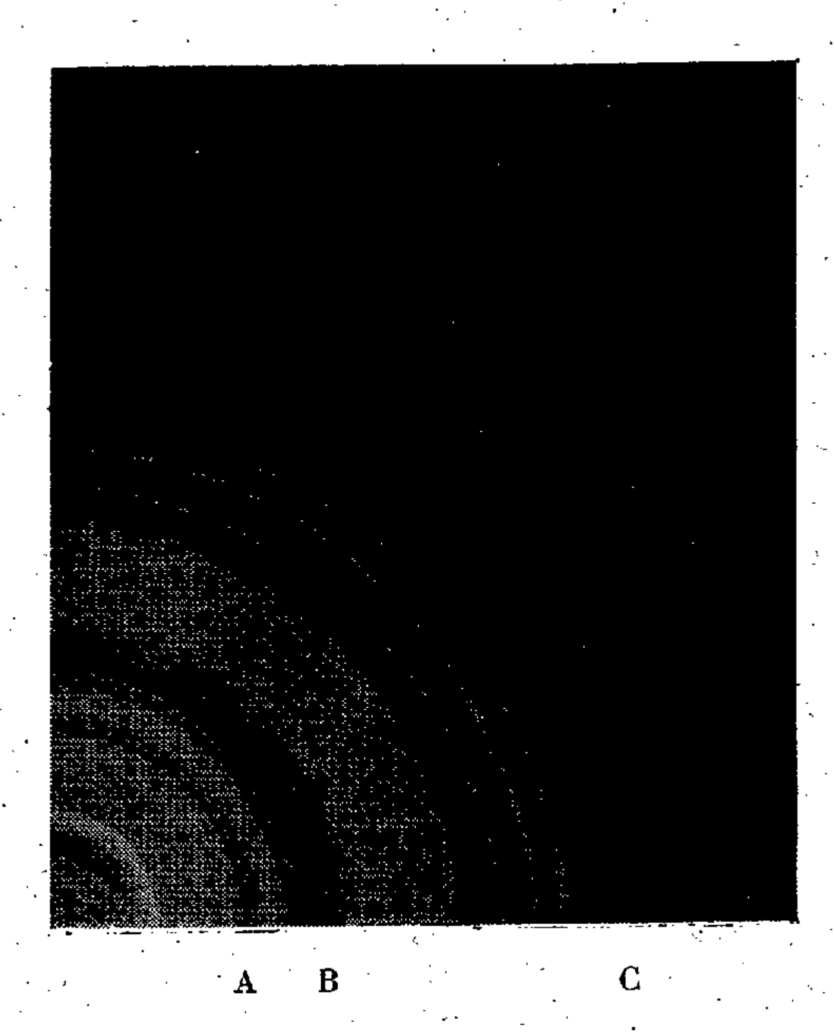
L'apposition d'un sel de plomb sur gélatine imprégnée de soude provoque, dans des conditions appropriées, la génération de plages successives d'anneaux, avec des anomalies de distribution. Sur la figure qui reproduit une préparation agrandie concernant l'acétate de plomb, on aperçoit à l'œil nu les anneaux périphériques, marqués C. La zone compacte contiguë se borde d'anneaux intérieurs plus fins, marqués B. Puis, toujours en direction de la goutte, une seconde zone compacte, plus étroite que la première, se borde également d'anneaux intérieurs, ceux-là marqués A, plus opaques que les anneaux B. Les familles B et A ne sont guère visibles qu'à la loupe.

Tandis que les anneaux B, trop peu nombreux pour la mesure, ne contredisent pas, *a priori*, la loi générale de distribution, il n'en est pas de même des deux autres familles. Les anneaux A se resserrent toujours davantage à mesure qu'ils s'éloignent de la goutte; et dans le système C, les écarts interannulaires commencent par décroître pour recouvrer, après un minimum, leur progression normale. La séparation des trois plages n'est pas toujours aussi tranchée. Aux anneaux A peuvent encore se superposer des anneaux plus larges et plus diffus, à la manière dont se superposent les anneaux principaux aux anneaux secondaires, dans la précipitation classique de Liesegang.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 336.

Les anomalies de distribution sont imputables à des interdépendances de phases provoquant, dans le gel, des gradients de concentration de la soude incorporée. En particulier, la persistance de l'anomalie des anneaux C dans un



Apposition d'acétate de plomb sur gélatine sodée. (Agr. : × 3.)

intervalle expérimental relativement étendu, conduit à rechercher l'origine de celle-ci dans des transitions déjà observées par voie chimique, telle que, par exemple, la transition de l'hydroxyde $Pb(OH)_2$, en l'hydroxyde $Pb_3O_2(OH)_2$, décrite par Pleissner (²).

Ce nouvel apport au chapitre du plomb, reconnu dès maintenant si riche en précipitations périodiques, vient à son tour militer en faveur des conceptions de Stanfield (³) et de Mc Guigan et Brough (⁴), qui ne regardent nullement de tels processus comme exceptionnels.

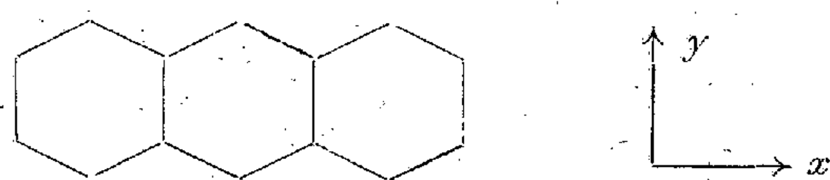
CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les difficultés qui surgissent dans l'étude des états excités des molécules aromatiques.* Note (*) de M. **David P. Craig**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le cadre de la méthode de la mésomérie, les premiers états excités de certaines molécules (l'anthracène par exemple) possèdent les propriétés de

(²) *Arb. K. Gesundheitsamt*, 26, 1907, p. 834.
(³) *Amer. J. Sci.*, 43, 1917, p. 1.
(⁴) *J. Biol. Chem.*, 38, 1923, p. 415.

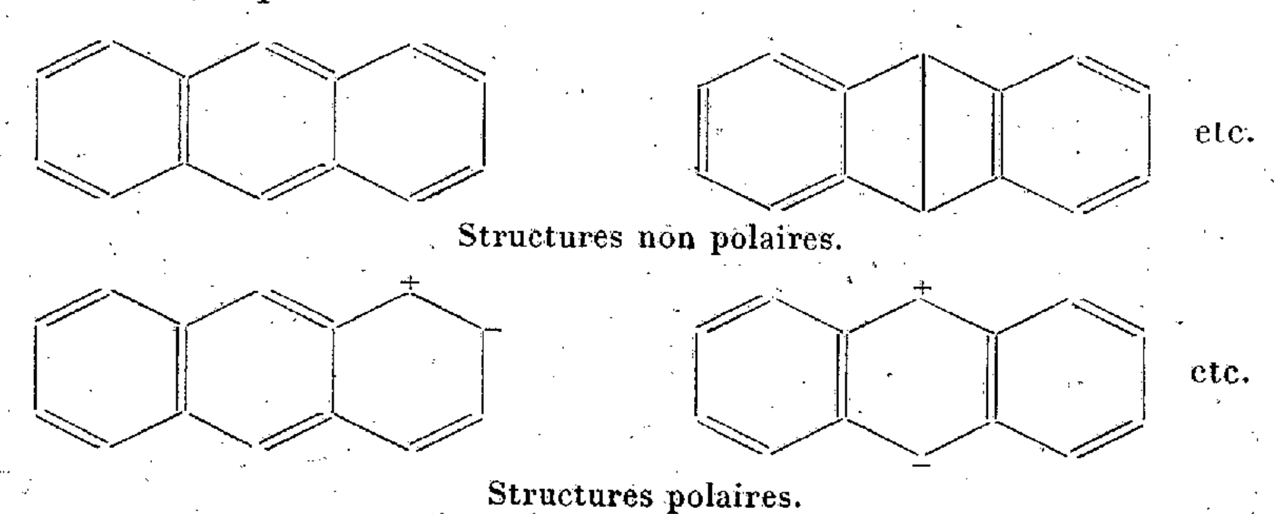
(*) Séance du 26 avril 1948.

symétrie d'un vecteur dirigé selon l'axe des x [1], tandis que d'après la méthode des orbites moléculaires ils possèdent la symétrie d'un vecteur dirigé selon l'axe des y — [2].



Cependant on observe un désaccord plus grave quand on compare les fonctions d'onde elles-mêmes et non plus seulement leurs propriétés de symétrie.

Dans ce but la fonction orbitale doit être exprimée en termes représentant des structures telles que



Structures non polaires.

Structures polaires.

structures non polaires.

Sous cette forme la fonction orbitale peut être aisément comparée à la fonction de mésomérie qui, sous sa forme usuelle, ne contient que des termes non polaires.

Dans l'état fondamental, et certains états excités, l'accord est satisfaisant. Mais, dans le cas des molécules qui nous intéressent, il n'y a pas un bon accord entre les deux méthodes au sujet du premier état excité qui est cependant important dans l'étude des spectres d'absorption.

Pour établir une corrélation pour le premier état excité décrit par la méthode orbitale, et pour les autres états qui dérivent d'orbites moléculaires *complémentaires* [4], les structures polaires doivent être introduites dans le cadre de la mésomérie. On observe alors une corrélation avec les états mésomères totalement polaires.

Les états orbitaux considérés ne diffèrent pas seulement par leur symétrie des premiers états excités de la mésomérie. Ils sont d'un type entièrement différent. Ils ne peuvent pas du tout être calculés à l'aide de la forme usuelle de la mésomérie qui néglige les structures polaires.

---

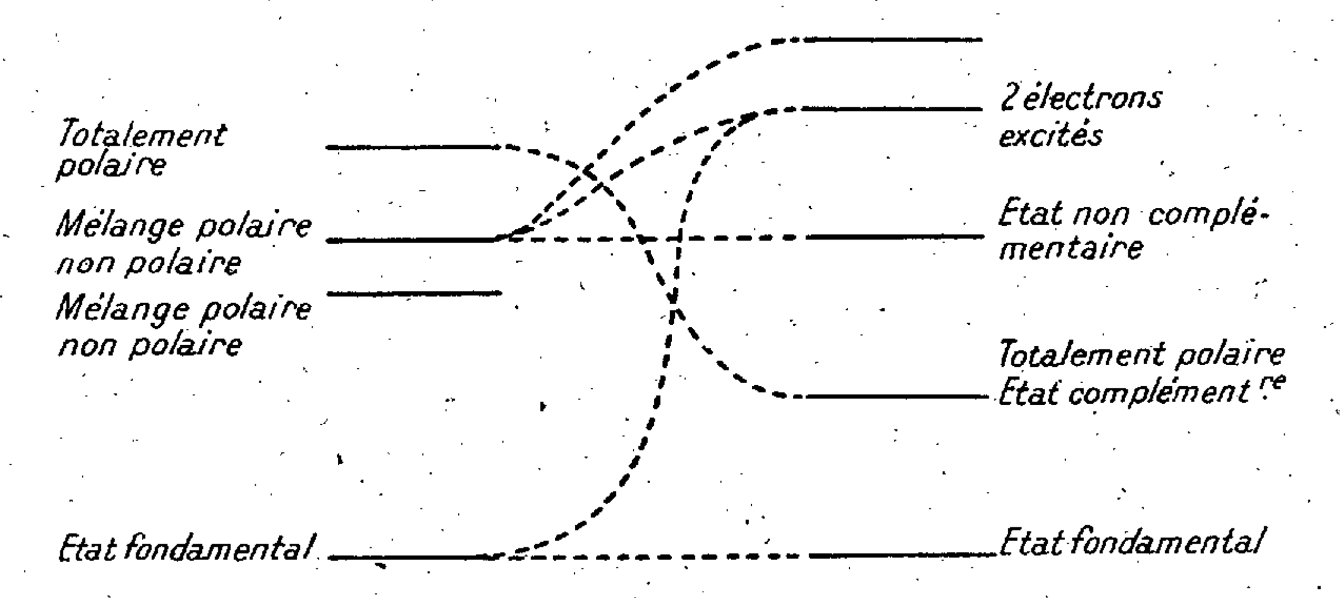
(1) D. P. Craig, *XIth International Congress of Chemistry*, London, 1947.

(2) C. A. Coulson, *Proc. Phys. Soc.*, **60**, 1948, p. 257.

(3) C. A. Coulson, H.-C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, **192** A, 1948, p. 17.

(4) Les orbites complémentaires sont ceux qui dérivent des orbites atomiques à l'aide de coefficients différant seulement par leur signe.

Pour voir en détail comment se fait la correspondance entre les deux méthodes dans un cas particulier, on ajoute les structures polaires au système mésomère et les fonctions d'onde obtenues sont employées pour la comparaison.



Le diagramme résume le cas du butadiène. Les états trouvés sont classés par ordre d'énergie croissante et les lignes pointillées réunissent les fonctions d'onde les plus semblables.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'action catalytique de l'humidité dans la préparation du gaz ammoniac par les sels ammoniacaux et la chaux.* Note de M. **Paul Rémy-Genneté** et Mlle **Jeanne Bourhis**, présentée par M. Louis Hackspill.

On sait qu'il suffit de mélanger intimement de la chaux vive ou éteinte avec un sel ammoniacal pour obtenir, dès la température ordinaire, un dégagement de gaz ammoniac. Les auteurs se sont proposé d'établir si l'humidité est nécessaire pour déclencher la réaction et, pour cela, ils ont fait deux expériences :

1re Expérience. — *Action de la chaux sur le chlorure d'ammonium en l'absence d'humidité.* — Dans l'une des branches d'un appareil en verre pyrex en forme de V renversé, ils ont introduit 5^g de chlorure d'ammonium pur préalablement desséché à l'étuve. Ils ont fait ensuite un vide de l'ordre du 1/100 de millimètre et, tout en laissant marcher la pompe à vide, ils ont sublimé le sel dans l'autre branche du V pour éliminer toute trace d'humidité.

Après avoir laissé rentrer de l'air bien sec dans l'appareil, ils ont mis rapidement de la chaux vive dans la branche libre du V (chaux obtenue par calcination au Méker de 10^g de marbre blanc); puis, l'appareil est scellé à nouveau et le vide rétabli; la chaux, qui, lors de la manipulation, aurait pu fixer des traces d'humidité, est chauffée au moyen d'un petit four électrique sous un bon vide, le tube en V étant relié à un condensateur plongé dans la neige carbonique et à un tube à anhydride phosphorique; ensuite l'appareil est abandonné plusieurs jours dans le vide phosphorique.

Le tube en V est isolé par un robinet; ce tube en V, dans lequel règne toujours un bon vide, est alors séparé de la pompe; par un mouvement de

bascule, on mélange chaux et chlorure d'ammonium; puis le tube à anhydride phosphorique étant supprimé, le tube en V est soudé à nouveau à la canalisation à vide; quand celui-ci est rétabli on remet le tube en V en circuit. Le manomètre et une pompe de Sprengel n'indiquent aucun dégagement gazeux; pendant plusieurs jours, on constate un vide excellent de 1/100 de millimètre; donc aucune réaction à la température ordinaire.

Si l'on chauffe le mélange, le dégagement d'ammoniac commence vers 125-130°.

2e EXPÉRIENCE. — *Influence de l'humidité sur la réaction.* — Même dispositif; même expérience jusqu'à la chauffe exclusivement.

Le tube en V étant isolé de l'appareil, on introduit, en dérivation sur la canalisation, un tube horizontal contenant du sulfate de cuivre $SO_4Cu, 5\,OH_2$. On fait le vide, remet le tube en V en circuit, puis chauffe le sulfate de cuivre tout en plongeant le mélange chaux-chlorure d'ammonium dans un vase Dewar contenant de la neige carbonique; ainsi, on condense de l'eau de déshydratation du sulfate de cuivre sur le mélange et l'on neutralise l'action thermique de l'eau sur la chaux.

On enlève ensuite le vase de Dewar et, presque aussitôt, on constate le dégagement d'ammoniac et par l'augmentation de pression et par l'apparition d'une coloration violette dans le tube à sulfate de cuivre (dérivé complexe aminé).

CONCLUSION. — La réaction chaux-chlorure d'ammonium, qui donne de l'ammoniac et de l'eau, se fait dès la température ordinaire sous la pression atmosphérique avec des produits non desséchés; elle ne se fait pas, même dans un vide de 1/100 de millimètre, à la température ordinaire, sauf si l'on ajoute un peu d'eau comme catalyseur.

En l'absence d'humidité, il faut chauffer jusque vers 120-130° pour déclencher la réaction.

Comparer avec la combinaison hydrogène-oxygène.

CHIMIE DES COMBUSTIBLES. — *Fractionnement des asphaltènes par précipitation graduelle.* Note (*) de MM. **MICHEL BESTOUGEFF** et **ROBERT DARMOIS**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente [1] nous avons exposé une méthode de fractionnement des asphaltènes par extraction aux solvants à chaud. Ce procédé nous a permis de réaliser une première séparation de ces mélanges.

Cherchant à pousser plus loin cette séparation, nous avons essayé d'autres procédés pouvant conduire, soit seuls, soit combinés avec la méthode d'extraction, à des fractions asphalténiques plus homogènes.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

[1] *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1365.

La présente Note expose les résultats encourageants obtenus par précipitation progressive des asphaltènes à partir de leur solution benzénique et ceux obtenus en combinant cette méthode avec le fractionnement par extraction à chaud.

Méthode. — On dissout, par exemple, 20^g d'asphaltènes dans 500$^{cm^3}$ de benzène, à chaud. La solution est refroidie, centrifugée 4 heures environ et décantée pour éliminer les paraffines de poids moléculaire élevé, les poussières et impuretés qui se trouvent parfois dans les asphaltènes bruts.

La précipitation fractionnée est réalisée en remplaçant graduellement dans la solution, le benzène par l'heptane normal d'abord, puis l'heptane par l'alcool propylique normal. La séparation des précipités s'effectue par centrifugation de la solution tiède (40° environ) pendant une durée de 4 heures au moins.

Le mode d'introduction des agents précipitants est essentiel pour la bonne marche de l'opération.

On ajoute un mélange heptane-benzène (50-50 % par exemple) (²) et l'on distille le benzène pour amener ce solvant à la proportion de 60 % dans la solution. On refroidit à 40° environ et l'on centrifuge le dépôt qui se forme lentement. L'opération est répétée en ramenant successivement la proportion de benzène à 40, 20 et 10 %.

Quand tout le benzène est pratiquement éliminé, on continue la précipitation par addition d'un mélange propanol-benzène à 50 %, suivie de la distillation d'un volume de solvants supérieur à celui du mélange ajouté; à chaque nouvelle distillation, le pourcentage d'heptane diminue et l'on arrête l'opération lorsque les précipités deviennent trop peu abondants. Pendant toutes ces précipitations, il faut faire en sorte que la concentration de la solution traitée soit à peu près la même avant chaque précipitation nouvelle, pour que le dépôt ne se forme pas par suite d'une concentration trop poussée.

Le tableau donne quelques exemples de fractionnement réalisés sur des asphaltènes A et B, tous deux obtenus à partir de résidus de distillation d'origines différentes, par précipitation à l'hexane normal.

Les fractions obtenues à partir d'un même échantillon se distinguent non seulement par leurs poids moléculaires et leurs points de fusion, mais aussi par leurs compositions élémentaires et leurs rapports C/H. Ce rapport et la proportion de soufre augmentent avec le point de fusion, c'est-à-dire que les substances moins fusibles sont plus pauvres en hydrogène et plus riches en combinaisons soufrées. D'ailleurs si ces caractéristiques varient dans le sens

(²) Ceci afin d'éviter la précipitation brutale qui se produirait si l'on ajoutait l'heptane pur.

Liquide précipitant.	Poids en % par rapport à l'asphaltène.	Fusion instantanée.	Poids moléculaire apparent (b).	C.	H.	$\frac{C}{H}$.	S.	O + N par diff.	Cendres.
				Asphaltènes A.					
précipitation fractionnée :									
ane 15 % + benzène ...	4,62 (a)	97°	– (c)	80,1	14,5	5,5	1,6	3,8	–
60 » ...	20,2 »	325	1880	84,1	8,42	10,0	3,85	3,62	–
80 » ...	31,7 »	325	1660	87,74	8,64	9,8	3,4	3,22	–
90 » ...	13,98 »	300	–	83,56	9,08	9,2	3,38	4,03	–
100 » ...	9,72 »	247	1290	85,47	9,12	9,3	3,15	2,26	–
nol *n* + heptane	4,06 »	90	– (d)	–	–	–	–	–	–
»	11,43 »	195	990	83,77	9,03	9,2	3,0	4,1	–
nol *n* 100 %	5,0 »	100	850	83,34	8,02	8,2	2,29	4,19	–
				Asphaltènes B.					
Opérations combinées :									
action, 1 précipitation...	4,6	450 app.	3000	77,35	7,12	10,9	8,79	6,77	1,2
Id. ...	0,9	365	–	79,06	7,30	10,8	8,88	4,76	3,5
Id. ...	1,63	332	1470	80,23	7,48	10,7	8,56	3,73	1,6
action, 2 précipitations..	1,63	326	1450	79,7	6,79	11,7	8,62	4,89	1,9
» 1 précipitation...	6,47	290	1550	79,45	7,54	10,5	9,32	3,69	–
ipitations	7,0	280	–	80,42	7,74	10,4	8,5	3,34	–
Id.	2,6	165	–	81,1	8,86	9,16	7,22	2,82	–

Fractions successives; (*b*) Calculé à partir du coefficient viscosimétrique de Staudinger $K_m = 4,0.10^{-3}$; (*c*), (*d*) Paraffines alement.

indiqué pour un premier stade de fractionnement (asphaltènes A), remarquons que ce n'est plus exact après des séparations suffisamment poussées (asphaltènes B).

Dans ce dernier cas, certaines fractions isolées après plusieurs opérations sont de l'ordre de 1 % par rapport à l'asphaltène brut de départ, soit 2 à 3 dix-millièmes par rapport au pétrole brut initial.

En effectuant des séparations aussi poussées sur les hydrocarbures du pétrole, on arrive couramment à isoler, soit des espèces chimiques à partir des essences, soit des mélanges de quelques isomères à partir des huiles.

Pour les asphaltènes, les résultats obtenus (*voir* le tableau) montrent qu'un tel fractionnement est encore insuffisant pour isoler des familles de corps bien caractérisées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse des sulfénamides primaires.* Note (*) de M. **Louis Peyron** et Mlle **Jacqueline Laplaine**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par analogie avec les amides, nous appellerons *sulfénamides* primaires, secondaires et tertiaires les composés répondant aux formules suivantes :

$$R.S.N{<}^{R'}_{R''} \qquad (R.S)_2N{-}R' \qquad (R{-}S)_3N$$

R′ et R″ étant H ou des radicaux hydrocarbonés.

Nous étudierons dans cette Note les primaires, en réservant les secondaires et tertiaires pour une publication ultérieure ([1]).

La plupart des méthodes de synthèse de la liaison-S-N< partent de dérivés d'acides sulféniques, mais étant donné leur faible stabilité, et par là même leur nombre restreint, en série aliphatique en particulier, nous nous sommes proposé deux buts : éviter leur préparation, étendre le nombre et la nature des substituants fixés sur l'atome de soufre des sulfénamides.

Plusieurs schémas réactionnels sont théoriquement possibles, mais nous avons utilisé les suivants :

$$^{R'}_{R''}{>}N{-}S{-}CN + H{-}S{-}R \rightarrow {}^{R'}_{R''}{>}N{-}S{-}R + HS{-}CN$$

HS — CN étant éliminé par un adjuvant alcalin, ou

$$^{R'}_{R''}{>}N{-}S{-}CN + Ml{-}S{-}R = Ml{-}S{-}CN + {}^{R'}_{R''}{>}N{-}S{-}R$$

Ml étant un métal

Les thiocyanoamines découvertes en 1919 par Söderbäck ([2]) ne sont que peu connues dans la littérature ([3]). Leur stabilité est étroitement liée à la nature des substituants de l'azote. Notamment en série arylique où les méthodes habituelles de synthèse de ces dérivés ne conduisent qu'à des composés *p*-thiocyano- ou benzothiazols.

En série aliphatique la basicité de l'amine semble jouer un rôle important.

Les mercaptides utilisés sont ceux de mercure et de plomb faciles à isoler.

Du point de vue expérimental nous avons cherché à préparer, selon le deuxième schéma réactionnel, des sulfénamides déjà connues, puis à utiliser des mercaptides et des amines diversement substitués.

(*) Séance du 6 juillet 1948.

([1]) Peyron, *Thèse* (en préparation, Paris).

([2]) Söderbäck, *Liebigs Ann.*, 419, 1919, p. 217.

([3]) Lecher, *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 1104; Jones-Fleck, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2018.

Comme adjuvant alcalin susceptible d'éliminer HS-CN produit dans le premier schéma, nous avons employé l'amine de départ de la thiocyanoamine. D'autres agents alcalins pourraient être utilisés (amines tertiaires, etc.).

L'isolement des thiocyanoamines a été évité et le mode opératoire suivant utilisé :

La solution éthérée de thiocyanogène préparée à partir de $(SCN)_2Pb$ ($o^{ml},035$) et de brome ($o^{ml},030$) (4) est mise en réaction avec une solution éthérée de l'amine ($o^{ml},200$), à froid. On décante ou filtre, lave à l'eau glacée puis sèche sur SO_4Na_2.

On agite cette solution avec une suspension de mercaptide ($o^{ml},025$) dans l'éther, puis filtre, sèche, concentre et distille.

Dans le cas de thiols libres, on verse, peu à peu et alternativement dans la solution de thiocyanoamine, le thiol et l'amine.

Les résultats expérimentaux sont mentionnés dans le tableau suivant :

...tides ou thiols.	Amines.	Produits réactionnels. — Éb/mm (°C.).	N % calc.	N % tr.	Conclusions.	Rdts. (%).	Ref.
...Bu—S)$_2$Hg	⬡NH	70/5	8,09	8,01	tBu—S—N⬡	69	(5)
	Me_2NH	55/80	10,52	10,65	tBu—S—NMe_2	65	(5)
	isoPr—NH_2	82/65	9,52	9,70	tBu—S—NH isoPr	72	–
	⬡—CH_2—NH_2	85/70 (dec)	7,18	7,07	tBu—S—NH—CH_2⬡	–	–
Bu—SH	Et_2NH	120/80	8,69	8,78	nBu—S—NEt_2	55	–
...(CH_2—S)^{2}Hg	⬡NH	60/30	8,00	7,85	HOOC—CH_2—S—N⬡	15	–

Dans un certain nombre de cas la formation des disulfures est préférentielle à celle des sulfénamides.

(HOOC—CH_2—S)$_2$Hg et NH_2—isoPr
(CH_3O—⬡—S)$_2$Pb et NH_2—isoPr
CH_3O—⬡—SH et NH⬡
⬡—CH_2—SH et Et_2NH ou ⬡NH

Avec (tBu—S)$_2$Hg et $Et_2NCH_2CH_2NH_2$, l'huile réactionnelle se décompose à 50° sous $o^{mm},1$.

(4) WOOD, *Organic Réactions*, III, 255.
(5) RHEINBOLDT, *Ber der deutsch chem. Ges.*, 72, 1939, p. 657.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Emploi de la méthode de Laue en retour pour la recherche de l'orientation des axes cristallographiques des blocs de quartz.* Note (*) de Mlle **Marthe Huot de Longchamp** et M. **Henri Martin-Savary**, présentée par M. Paul Pascal.

La détermination classique de l'orientation des cristaux par la méthode de Laue par transmission (1) n'est pratiquement utilisable que pour des lames minces de quelques millimètres au maximum.

Pour les lames de plus grande épaisseur, par suite de l'absorption, les temps de pose sont beaucoup trop élevés, et, si le diamètre du limitateur est petit par rapport à l'épaisseur de l'échantillon, il se produit un élargissement des taches, et même leur division en deux ou trois parties (2). Le pointé se fait alors sur le bord extérieur de la tache.

La recherche des axes cristallographiques d'un bloc de quartz épais par la méthode de transmission nécessite donc le prélèvement d'un échantillon sous forme de lame mince. Après en avoir obtenu les radiogrammes, l'échantillon doit être reporté sur le bloc, dont l'orientation est déduite des mesures faites sur la lame mince, d'où d'importantes causes d'erreur.

L'emploi de la méthode dite *en retour*, utilisant le rayonnement réfléchi aux grands angles de Bragg, permettra les mesures directes sur le bloc de quartz dont une face aura été dressée (face de référence), le calcul restant le même que pour la méthode par transmission.

Le rayonnement réfléchi par la méthode *en retour* étant divergent, et cette divergence fonction de l'ouverture angulaire du faisceau incident, on doit utiliser un limitateur long et de faible diamètre intérieur. L'extrémité de ce limitateur, du côté de l'échantillon, doit être extérieurement conique afin que la face dressée du bloc de quartz soit placée aussi près que possible de cette extrémité, sans que celle-ci fasse écran aux rayons réfléchis aux très grands angles de Bragg.

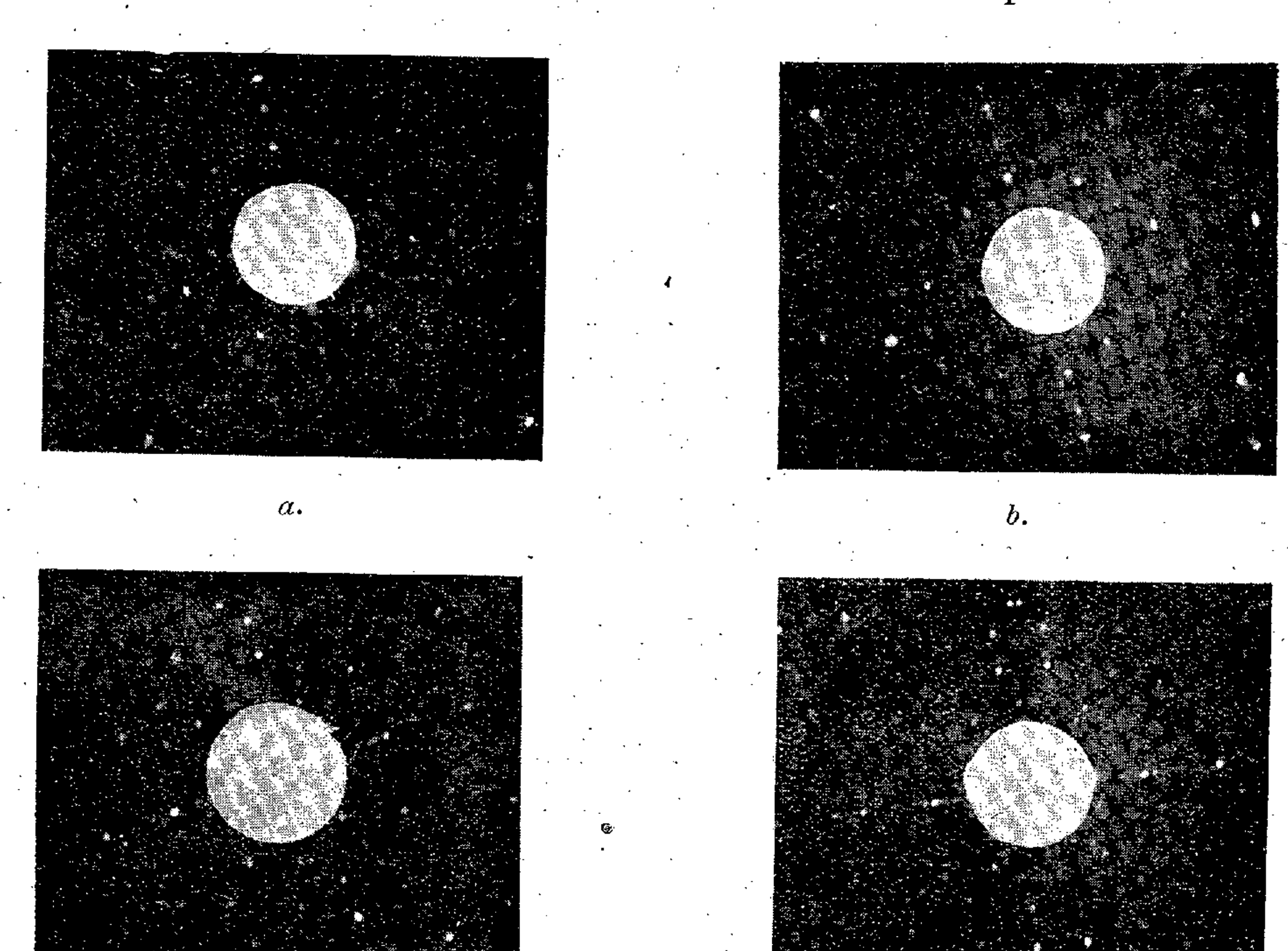
Le pointé est plus difficile que dans les diagrammes par transmission. Il doit être effectué sur le bord intérieur assez net des taches, le bord extérieur étant flou et faible, car il provient des rayons diffractés en profondeur dans l'échantillon, donc fortement absorbés. Ce bord intérieur étant dû aux rayons les plus inclinés sur l'axe du limitateur, il est nécessaire de tenir compte de l'ouverture angulaire du faisceau incident, la correction à effectuer étant d'autant plus faible que l'angle d'ouverture est plus petit.

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) *Voir* par exemple, E. Schiebold, *Méthode pour la détermination de la symétrie cristalline par les rayons* X, Leipzig, 1932.

(2) C. G. Barkla et G. H. Martyn, *Nature*, **90**, 1913, p. 647; E. Hupka et W. Steinhaus, *Nature*, **91**, 1913, p. 10; M. de Broglie, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1153-1155; M. de Broglie et F. A. Lindemann, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1461-1463.

Le centre du diagramme étant percé, il n'y a pas de trace du faisceau incident. Pour trouver la distance de chaque tache au centre, on utilise l'artifice suivant : on effectue sur le même film deux clichés correspondant à deux positions de l'échantillon, déduites l'une de l'autre par une rotation du



a. Radiogramme d'un échantillon de quartz : face naturelle *p* doucie, légèrement corrodée.
b. Superposition sur le même film de deux radiogrammes de l'échantillon utilisé pour *a* et correspondant à deux positions de cet échantillon décalées de 180°.

c. Radiogramme d'un échantillon de quartz : face naturelle *c* 1/2.
d. Superposition sur le même film de deux radiogrammes de l'échantillon utilisé pour *c* et correspondant à deux positions de cet échantillon décalées de 180°.

Ces clichés ont été obtenus dans les conditions suivantes avec des échantillons préparés par le laboratoire de M. A. de Grammont : Anticathode de tungstène; fenêtre de béryllium; générateur à tension constante; tension : 30 kV; intensité : 15 mA; temps de pose 1 heure 30 minutes; distance cliché-face de référence de l'échantillon : 25^{mm}; limitateur : longueur 40^{mm}, diamètre $^4/_{10}$ de millimètre.

bloc de quartz de 180° autour d'un axe confondu avec l'axe du limitateur; la distance cherchée est fournie par la moitié de la moyenne des distances de taches symétriques correspondant aux deux clichés. Cet artifice, d'autre part, élimine les erreurs dues au défaut de perpendicularité sur l'axe du limitateur de la face dressée de l'échantillon et du film ([3]).

Notons que la rotation de 180° à faire subir au bloc n'a pas besoin d'être

([3]) J. Barraud, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 683-885.

rigoureuse, et qu'une erreur $\Delta\alpha$ de cette rotation n'entache la mesure de la distance entre deux taches que de $1 - \cos(\Delta\alpha/2)$. Il y a même intérêt à commettre systématiquement cette erreur pour mieux dissocier les taches correspondant à chacune des deux positions du bloc

D'une façon générale, les clichés ainsi obtenus ne sont pas touffus et restent très lisibles. Malgré l'imprécision relative des pointés, cette méthode permet, d'une part, d'orienter rapidement les blocs de quartz, à quelques minutes d'arc près, ce qui est suffisant pour les applications piézoélectriques, et, d'autre part, d'opérer aux rayons X et sur le banc de sciage avec un même dispositif, si celui-ci est muni d'un support goniométrique spécial portant le bloc de quartz.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'interprétation, par les fluctuations d'orientation, de l'état de polarisation de la lumière diffusée par les cristaux liquides.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans des Notes antérieures [1] j'ai montré qu'une préparation de para-azoxyanisol orientée parallèlement à l'axe, diffuse, dans une direction faisant l'angle φ avec la direction de la lumière polarisée incidente, un faisceau intense fortement polarisé, la vibration diffusée la plus intense étant perpendiculaire à la vibration incidente. Cet état de polarisation est, en apparence, anormal; cette Note a pour but de montrer qu'il est, au contraire, normalement la conséquence des fluctuations d'orientation qui se produisent dans le cristal liquide.

Soit un milieu constitué par des molécules mobiles et de révolution, de réfractivités principales $A = B$ et C, l'axe C oscillant par suite de l'agitation thermique autour d'une direction fixe Oz, seul axe d'isotropie du milieu. Si θ est l'angle que fait C avec Oz à un instant déterminé, le nombre de molécules dont les axes font, avec cette direction, des angles compris entre θ et $\theta + d\theta$ est donné par une direction de la forme $f(\theta) 2\pi \sin\theta\, d\theta$, indépendante du temps, avec $\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta)\, 2\pi \sin\theta\, d\theta = n$, n étant le nombre de molécules contenues dans l'unité de volume.

Nous définissons ainsi un milieu dans lequel s'effectuent des fluctuations d'orientation autour de la position moyenne Oz; si a_i est l'amplitude de la vibration diffusée par la molécule i arrivant en un point P éloigné, l'intensité totale de la lumière diffusée arrivant en P est proportionnelle à la quantité $n\left[\overline{a_i^2} - (\overline{a_i})^2\right]$, relation dans laquelle $\overline{a_i}$ désigne la valeur moyenne de a_i et $\overline{a_i^2}$ celle de a_i^2 [2]; ceci à condition que les fluctuations d'orientation des diverses

---

[1] *Comptes rendus* **218**, 1944, p. 652; **222**, 1946, p. 229; **224**, 1947, p. 130.
[2] Jean Cabannes, *La diffusion de la lumière*, p. 211.

molécules i puissent être considérées comme indépendantes les unes des autres, et en négligeant les fluctuations de densité.

Appliquons ce résultat au cas I_a, c'est-à-dire au cas où la lumière incidente vibre dans le plan de diffusion, plan perpendiculaire à Oz, axe optique du milieu anisotrope; la lumière diffusée dans la direction φ peut être décomposée en une composante d'intensité ξ_{od} vibrant dans le plan de diffusion et une composante d'intensité ξ_{ed} perpendiculaire à ce plan; nous trouvons :

$$\xi_{0d} = k\left(\frac{n_0^2+2}{3}\right)^2 \frac{(C-A)^2}{8}\left[\frac{I_5}{n} + 2\cos^2\varphi\left(\frac{I_5}{n} - \frac{I_3^2}{n^2}\right)\right],$$

$$\xi_{ed} = k\left(\frac{n_0^2+2}{3}\right)^2 \frac{(C-A)^2}{2}\left[\frac{I_3}{n} - \frac{I_5}{n}\right],$$

avec

$$I_3 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta)\, 2\pi \sin^3\theta\, d\theta, \qquad I_5 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta)\, 2\pi \sin^5\theta\, d\theta,$$

et k une constante ne dépendant que de la longueur d'onde utilisée.

J'ai montré ([3]), d'autre part, que n_e et n_0 étant les indices principaux du cristal liquide, ces diverses grandeurs sont liées par les relations

$$\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2} = \frac{4\pi}{3} n\left[C - (C-A)\frac{I_3}{n}\right] \quad \text{et} \quad \frac{n_0^2-1}{n_0^2+2} = \frac{4\pi}{3} n\left[A + \frac{C-A}{2}\frac{I_3}{n}\right],$$

et que les relations correspondantes pour le cristal solide de para-azoxyanisol, dans lequel les molécules sont parallèles les unes aux autres, donnent C et A.

Nous pouvons donc calculer I_3/n; pour calculer I_5/n, il faut expliciter la fonction de répartition $f(\theta)$; prenons $f(\theta) = \alpha e^{-\beta\theta^2}$; par des intégrations graphiques, les constantes α et β peuvent se calculer connaissant I_3 et n pour diverses valeurs de la température, et par conséquent I_5/n; d'où finalement les valeurs du facteur de polarisation $\rho = \xi_{ed}/\xi_{od}$. Ces résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous, ρ étant calculé pour φ égal à 10°.

t.	110°.	122°.	132°.
$\frac{I_3}{n}$	0,20	0,25	0,34
$\frac{I_5}{n}$	0,07	0,11	0,18
ρ	4	2,7	2,1

Nous trouvons des facteurs de polarisation très supérieurs à un, conformément aux résultats expérimentaux; des résultats analogues étant obtenus dans les autres cas étudiés (I_b, II_a et II_b), il paraît légitime de conclure que *l'état de polarisation de la lumière diffusée par les cristaux liquides (type nématique), résulte normalement des fluctuations d'orientation qui se produisent dans ce milieu.*

([3]) *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 60, 1937, p. 335.

L'accord quantitatif avec l'expérience n'est pas parfait. Il faudrait sans doute, pour arriver à une meilleure concordance, serrer de plus près la réalité en traduisant mathématiquement le fait que les fluctuations de deux molécules distantes de r et dont les axes C font entre eux un angle ψ dépendent d'autant plus l'une de l'autre que r et ψ sont plus petits. Ceci reviendrait à généraliser dans le cas des fluctuations d'orientation (dépendant de deux variables r et ψ) la théorie qu'Ornstein et Zernicke ([4]) ont donnée pour expliquer la diffusion de la lumière par les corps au voisinage du point critique à partir des fluctuations de densité (ne dépendant que de la seule variable r).

GÉOLOGIE. — *Plissements pliocènes supérieurs et mouvements quaternaires en Tunisie.* Note de MM. **Robert Laffitte** et **Étienne Dumon**, présentée par M. Charles Jacob.

I. Dans le Nord de la Tunisie, aux environs de Bizerte, près de Ferryville, sur le bord Nord du Lac de l'Ichkeul ou Lac Tseldja, on peut observer des sables, grès et conglomérats incontestablement d'âge pliocène supérieur, d'après les restes de Mammifères caractéristiques que nous y avons recueillis. Ces couches sont plissées.

Dans le détail, voici la coupe que l'on peut relever :

A la base, près de *la tuilerie*, affleurent, sur l'axe d'un anticlinal dont la terminaison disparaît sous le Lac, des marnes bleues à Foraminifères avec une faune de Mollusques du Pliocène inférieur : c'est là le Plaisancien.

Au-dessus, se voient vers l'Ouest des bancs à *Crassostrea* marquant l'apparition d'un faciès littoral et peut-être même lagunaire : ils occupent la place de l'Astien.

Enfin, viennent des sables, grès et conglomérats bien visibles au voisinage du marabout de Sidi bou Guendoula et dont les affleurements se poursuivent, plus ou moins continus, sur environ 4^{km} vers l'Ouest, disparaissant simplement çà et là sous les eaux du Lac. Ces couches fournissent de très nombreux ossements de Mammifères dont le sol apparaît parfois comme jonché, et, parmi les dents qui leur sont associées, nous avons entre autres pu reconnaître les genres *Hipparion* et *Elephas* dont l'association ne laisse aucun doute sur l'âge villafranchien du gisement. Il est peut-être possible de préciser davantage; le genre *Elephas* étant représenté par *E. planifrons*, que Depéret considérait en Europe et dans le bassin méditerranéen comme caractéristique du Villafranchien inférieur, il est vraisemblable que l'on a à faire à ce niveau, indication corroborée par le fait que le gisement se trouve dans des couches immédiatement superposées au Pliocène inférieur et en apparente continuité de sédimentation ([1]).

Un caractère remarquable du nouveau gisement est le fait qu'il est constitué par des couches qui, plissées en concordance avec les assises sous-jacentes, ont,

---

([4]) *Phys. Zeits.*, 27, 1926, p. 761.

([1]) M. Solignac a signalé *Mastodon arvernensis* à Ferryville, à quelques kilomètres à peine du nouveau gisement que nous venons de découvrir, et il a attribué les sables qui contenaient ce fossile à l'Astien (*Ét. géol. de la Tunisie*, Tunis, 1927, p. 397).

sur plusieurs kilomètres, un pendage compris entre 30 et 60°. Ce fait démontre péremptoirement l'importance dans cette région d'une phase de plissement datant de la fin du Pliocène.

II. Dans l'Est du Sahel tunisien, près de Monastir, localité éponyme du Monastirien, on peut, en outre des plissements postérieurs au Pliocène inférieur, observer des déformations certaines du Quaternaire.

Le Miocène et le Pliocène, affectés de pendages nets, forment le substratum de la presqu'île de Monastir. Ils sont visibles surtout dans les falaises du Nord et de l'Ouest, étant ailleurs recouverts presque partout par des dépôts quaternaires de plage caractérisés par l'abondance du *Strombus bubonius* Lmk. Ces dépôts se trouvent à des altitudes diverses, depuis les environs de la cote 39 jusqu'au voisinage de la mer. Pour de Lamothe (²) il s'agit de deux plages distinctes situées aux environs de 15ᵐ et de 30ᵐ, la plage inférieure étant la plage type du Monastirien. Contrairement aux idées de cet auteur, et avec à peu près tous les géologues qui ont étudié sur place la région, notamment Pomel (³), Pervinquière et Flick (⁴) et plus récemment Solignac (⁵), enfin Denizot (⁶), nous ne voyons à Monastir qu'une seule plage à Strombes, s'inclinant plus ou moins rapidement suivant les endroits de la cote 39 jusque, en certains points, au voisinage de la cote 0.

Denizot a expliqué ces variations d'altitude en considérant ces dépôts comme ceux d'une mer en régression, tandis que Flick et Pervinquière les considéraient comme dues à des mouvements du sol. Comme les couches sont continues et ne présentent pas le caractère de cordons littoraux successifs, nous abandonnons l'explication de Denizot. Celle de Flick et Pervinquière, que nous acceptons en gros, peut être nuancée. Lorsqu'on étudie le faciès paléontologique des couches de la cote 39 jusqu'à l'extrémité Est de la presqu'île, c'est-à-dire vers le large, on constate la raréfaction de certains Mollusques littoraux tels que les Cérithes, remplacés par des Turritelles. Au contraire quand on se déplace de la cote 39 vers le Sud, c'est-à-dire en gros parallèlement à la ligne de rivage, on ne constate aucun changement important du caractère bathymétrique de la faune, ce qui prouve que l'inclinaison des couches dans cette direction est due à des mouvements du sol postérieurs à leur dépôt.

De pareils mouvements ont d'ailleurs pu être décelés en de nombreux autres points de la Tunisie. Des graviers à silex paléolithiques sont plissés en plusieurs points du Sud tunisien près de Metlaoui et Redeyeff, ainsi qu'aux environs de Gafsa (⁷) et, tout récemment, en bordure des chotts, Castany et Domergue (⁸)

(²) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1905, p. 537-559.
(³) *Bull. Ec. Sup. Sc. Alger*, 1884, p. 92.
(⁴) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1904, p. 195-206.
(⁵) *Description d'une nouvelle carte géol. de la Tunisie*, Tunis, 1931, p. 56.
(⁶) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1935, p. 565-567.
(⁷) Roux, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1941, p. 267.; et Vaufrey, *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, Paris, 1934, p. 299.
(⁸) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 1947, p. 167-168.

ont signalé des couches quaternaires plissées. Il faudra donc désormais admettre l'existence et la généralité de ces mouvements dans l'interprétation du Quaternaire tunisien.

III. *En résumé*, en Tunisie septentrionale, nous avons découvert un nouveau et riche gisement de Vertébrés d'âge villafranchien, dans des couches nettement plissées, ce qui démontre l'importance dans cette région d'une phase de plissement tardive, datant de l'extrême fin du Tertiaire.

A Monastir, le Quaternaire, caractérisé par la faune à *Strombus bubonius*, ne s'étage pas en deux niveaux distincts, mais constitue un seul niveau déformé par des mouvements récents, déformations peu étonnantes dans un pays où le Pliocène supérieur est parfois plissé. Il n'y a donc pas lieu de parler d'un étage Monastirien qui, présentant la même faune que le Tyrrhénien, ne serait caractérisé que par son altitude.

GÉOLOGIE. — *Les formations glaciaires et fluvio-glaciaires de la feuille de Tarbes.* Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans l'impossibilité actuelle d'appliquer les termes de Würm, Riss, Mindel en dehors des lieux où ils ont été définis, je désignerai les formations glaciaires pyrénéennes par des noms locaux.

I. *Vallée du gave de Pau.* — Il y a lieu d'y distinguer deux cortèges morainiques (¹). Les blocs erratiques, vestiges du premier (*moraines externes anciennes* ou *du Château de Mourle*), non encaissés dans les vallées actuelles, sont situés à l'origine du Cône de Ger. Elles se raccordent non seulement avec les dépôts fluvio-glaciaires de 460-470^m signalés précédemment, mais encore avec une série de dépôts dessinant divers paliers sur les flancs du Cône de Ger, y compris les plus élevés, comme l'a suggéré récemment F. Tallefer (²). Tout cet ensemble a eu une longue durée. Les *moraines externes récentes*, celles du deuxième cortège, ceinturent les extrémités de 4 langues glaciaires encaissées dans les vallées (*W. du Lac de Lourdes, Poueyferré, Saux, Bénac*). Leurs terrasses fluviatiles, bien conservées seulement dans les deux vallées sèches de Loubajac et d'Adé, s'abaissent progressivement depuis leur origine (428-430^m) pour constituer, la première la Lande de Pont-Long (65^m au-dessus du Gave de Pau, à Pau), la seconde la terrasse d'Ossun (15^m seulement au-dessus de l'Adour). Ainsi la hauteur relative d'une terrasse est une donnée de portée essentiellement locale. Au stade d'arrêt dans la décrue qui a donné la *moraine de Marcadau-Sarsan*, avec l'arc plus avancé d'*Anclades*, les deux émissaires septentrionaux étant abandonnés, une terrasse s'est édifiée dans la vallée d'Orincles-Bénac (412^m près de la moraine), qui devient plus loin la terrasse de

(¹) H. Alimen, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1170.

(²) *Les Bassins glaciaires d'Arudy et de Lourdes* (*Mélanges géographiques offerts à D. Faucher*, 1948).

Juillan, inférieure de 10m à la terrasse d'Ossun. Le recul s'accentuant, un lac s'est établi entre Aspin et les arcs morainiques les plus avancés des vallées. Ses dépôts constituent, à l'altitude de 410-412m, un palier horizontal qui s'insinue également sur l'emplacement de l'actuelle vallée du Gave, presque jusqu'à Peyrouse.

Moraines internes, ou *moraines d'Argelès*. — De couleur gris clair, à granites très frais, elles marquent le dernier épisode important des glaciers du Gave de Pau. Bien que leur passage aux formations fluviatiles soit presque totalement détruit, il semble qu'elles se raccordent aux terrasses moyennes. En effet, celles-ci traversent Lourdes en demeurant au dessous des moraines externes (lambeau du Carmel à 388m). En amont, j'en ai retrouvé des vestiges à Aspin, 410 et 400m, au pied du Pibeste et à Geu, 410-415m. En aval de Lourdes, entre Peyrouse et Saint-Pé, ces terrasses comprennent plusieurs éléments qui s'échelonnent jusqu'à 40m au-dessus du Gave et qui s'abaissent vers l'aval (terrasses de Montaut, 30m et de Lestelle-Igon, 15m), pour finalement converger vers Pau en une terrasse unique de 15m. En amont d'Argelès, on ne voit plus dans les hautes vallées que les arcs morainiques des *stades de retrait récents*, qui ne sont plus en rapport qu'avec les terrasses de 2-5m.

II. *Vallée de l'Ouzoum*. — Des moraines s'observent au Nord-Ouest d'Asson, au lieu dit Castella, et près du village, installé lui-même sur le fluvio-glaciaire correspondant (340m). L'émissaire du glacier se dirigeait directement vers le Nord sans emprunter le cours actuel de l'Ouzoum en aval d'Asson. Ses alluvions surmontent le Gave de Pau de 60-65m. Cet ensemble paraît se paralléliser avec les *moraines externes de Poueyferré-Saux*. En outre toute la vallée de l'Ouzoúm est emplie de dépôts glaciaires. Arthez-d'Asson est perché 25m plus haut que le torrent actuel, dans un vaste fond d'auge couvert d'une moraine de fond, qui est sans doute contemporaine des moraines terminales d'Asson. En amont d'Arthez, des vallums plus encaissés jalonnent le cours de l'Ouzoum, stades divers du dernier glaciaire de vallée (*moraines internes*).

III. *Vallée de l'Adour*. — J'y retrouve une succession analogue à celle du Gave de Pau. Les blocs erratiques de *Mérilheu*, Cieutat, Loucrup (*moraines externes anciennes*) proviennent d'un glacier non encaissé; ils sont situés sur les racines du Cône de Lannemezan. Leurs dépôts fluvio-glaciaires s'échelonnent sur les flancs des plateaux depuis les abords de leur sommet (Visker). Les *moraines externes récentes* (*moraines de Bagnères*) se voient sur les pentes de la vallée, à l'Est de la ville, notamment de 556m à 610m (Adour à 543m). Le fond d'auge de ce glacier domine l'entrée du vallon de Salut à 570m. Les formations fluvio-glaciaires, à quartz rubéfiés, de cette phase ne subsistent plus que fragmentées dans la vallée de l'Adour : Montgaillard 472m, route de Visker 469m, terrasse d'Odos 375m; elles équivalent à la terrasse d'Ossum (15m au-dessus de l'Adour). Les *moraines internes* (*moraines de Sainte-Marie-de-Campan* et de *l'Esponne*) ont un beau développement, comparable à celui des moraines

d'Argelès, avec un état aussi frais. Elles passent à une terrasse de 10^m que l'on suit tout le long de l'Adour en aval de Sainte-Marie, et sans doute aussi à des vestiges d'alluvions, de 10^m plus hautes, à granites frais qui existent à Bagnères. Enfin, plus en amont que Sainte-Marie, les terrasses de $2\text{-}5^m$ se prolongent seules et se raccordent avec des *vallums de retrait récents* (la Séoube, Payolle, Gripp).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La boutonnière du Richat en Adrar mauritanien.* Note (*) de M. **Jacques Richard-Molard**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Au Nord-Est de Ouadane, le haut plateau de grès ordoviciens (?) est affecté d'un accident qui semble unique en Afrique occidentale : une cuvette anticlinale rigoureusement circulaire, d'une cinquantaine de kilomètres de diamètre, où des affleurements successifs, durs et tendres alternativement, donnent naissance à des *côtes* et des dépressions subséquentes, rigoureusement circulaires et concentriques, de diamètre régulièrement décroissant jusqu'en un centre déprimé. Imparfaitement reconnue par le Commandant Lauzanne (1920-21), le Richat fut signalé par M. Th. Monod (1937) et reconnu par F. Jacquet (*inéd.*).

Tous les itinéraires, de l'extérieur vers le centre, révèlent une structure homogène. Venant de l'Ouest-Sud-Ouest, j'ai recoupé :

1° la tranche du *dhar* de Ouadane, d'une centaine de mètres de haut, comprenant 3 étages durs : grès quartzites en haut, grès durs au tiers inférieur, calcaires à silex près de la base, reposant tous sur des couches tendres et schisteuses, tantôt vertes, tantôt pourpres. Les couches, concordantes, sont redressées de 10 à 15° vers le centre;

2° sur 12 à 15^{km} une grande auréole déprimée, ouverte dans les schistes tendres, accidentée de 6 petites côtes correspondant à des grès plus durs relevés vers le centre;

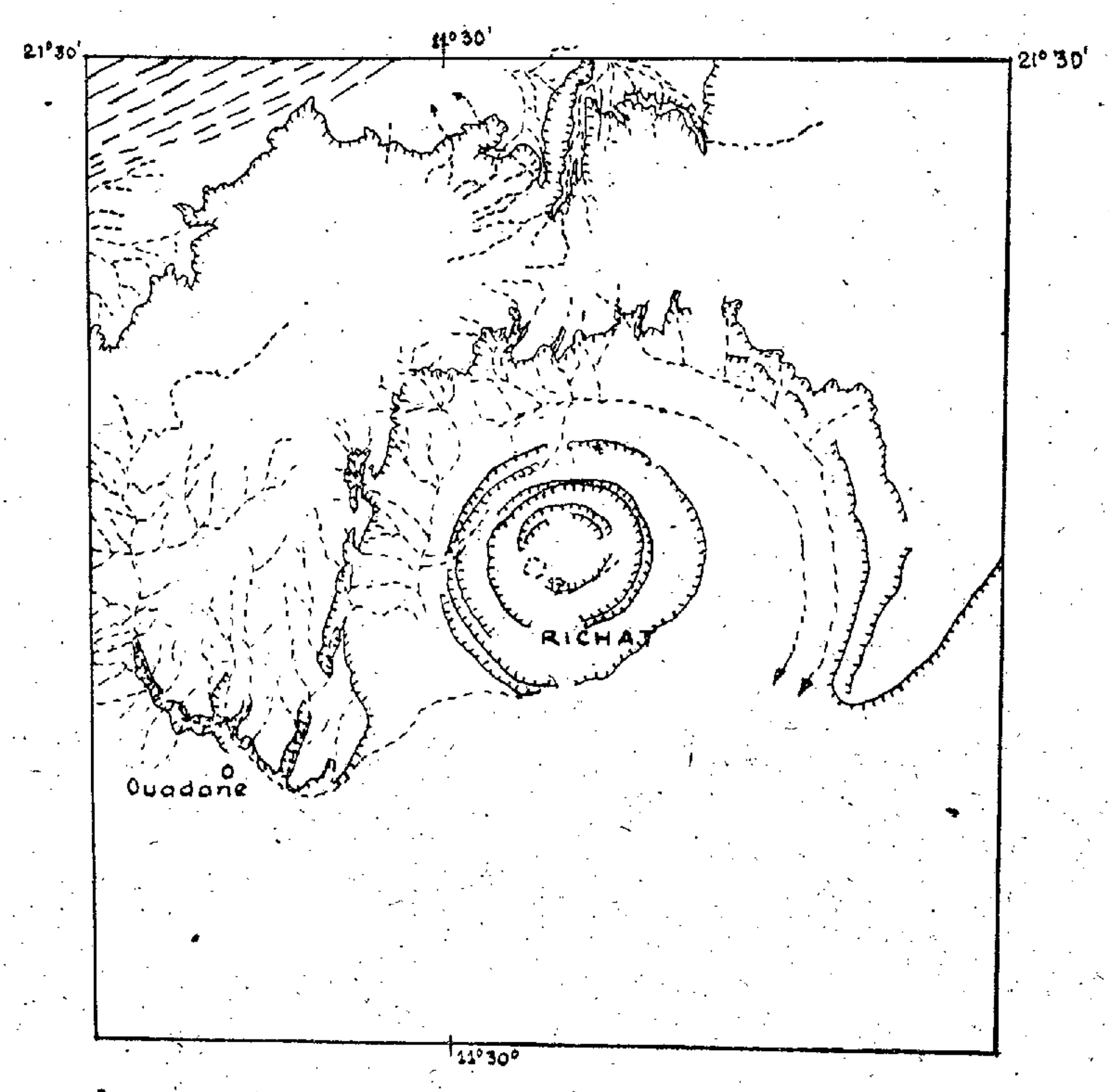
3° la *côte* n° 8, de grès-quartzites, beaucoup plus puissante; le pendage s'accentue jusqu'à 25°; le sommet est nettement tranché en biseau par une surface d'érosion; elle m'a paru très continue faisant du Richat central une cuvette fermée;

4° la *côte* centrale, dite *guelb* Richat constituant un ovale très ébréché, formé de 4 reliefs dissymétriques affrontés, dont le versant interne donne naissance à des falaises vives. Les sommets sont à la même altitude que la *côte* n° 8. Ce *guelb* est formé d'une brèche à calcédoine, reposant en concordance sur des calcaires bleus dolomitiques cambriens (?), qui affleurent au fond de la dépression centrale. Les pendages, périclinaux, sont de l'ordre de 25 à 30°.

En aucun point n'apparaît de discordance dans la structure du Richat quoique les pendages augmentent vers le centre. La brèche à calcédoine n'est pas d'origine tectonique. On n'observe aucun phénomène de métamorphisme; aucun affleurement cristallin n'a été repéré, quoique j'aie relevé un petit bloc de diorite (non en place) entre les *côtes* 7 et 8. Cette roche est inconnue dans l'Adrar sédimentaire.

(*) Séance du 28 juin 1948.

Le Richat semble résulter d'une poussée laccolithique; probablement pas doléritique car les dolérites dérangent peu en Afrique occidentale les roches encaissantes. On songe plutôt au rejeu possible de quelque intrusion ultime de granite du Précambrien moyen comme c'est le cas dans le plateau Bauchi de Nigeria et dans l'Aïr (G. Arnaud).



Interprétation de la vue aérienne du Richat par la Carte aéronautique préliminaire américaine. (*Preliminary flight chart Dakar-Casablanca* 1 : 1 000 000 printed by the U. S. geological Survey, 1943).

L'âge de l'accident est incertain. Il est du moins post-ordovicien. Mais on observe qu'il porte les traces d'une pénéplanation, suivie d'une reprise d'érosion, celle-ci pouvant être rattachée aux rajeunissements tertiaires (?) de la structure *hercynienne* de l'Adrar, tandis que la pénéplanation peut être contemporaine de celle antérieure au *continental intercalaire*. Le rejeu du môle hypothétique de granite ultime pourrait donc être contemporain de l'orogenèse *hercynienne*.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Fleurs dimères de* Papaver setigerum, *et leur interprétation diagrammatique dans le cadre des Rhœadales.* Note (*) de M. **Jean Motte**, présentée par M. Louis Blaringhem.

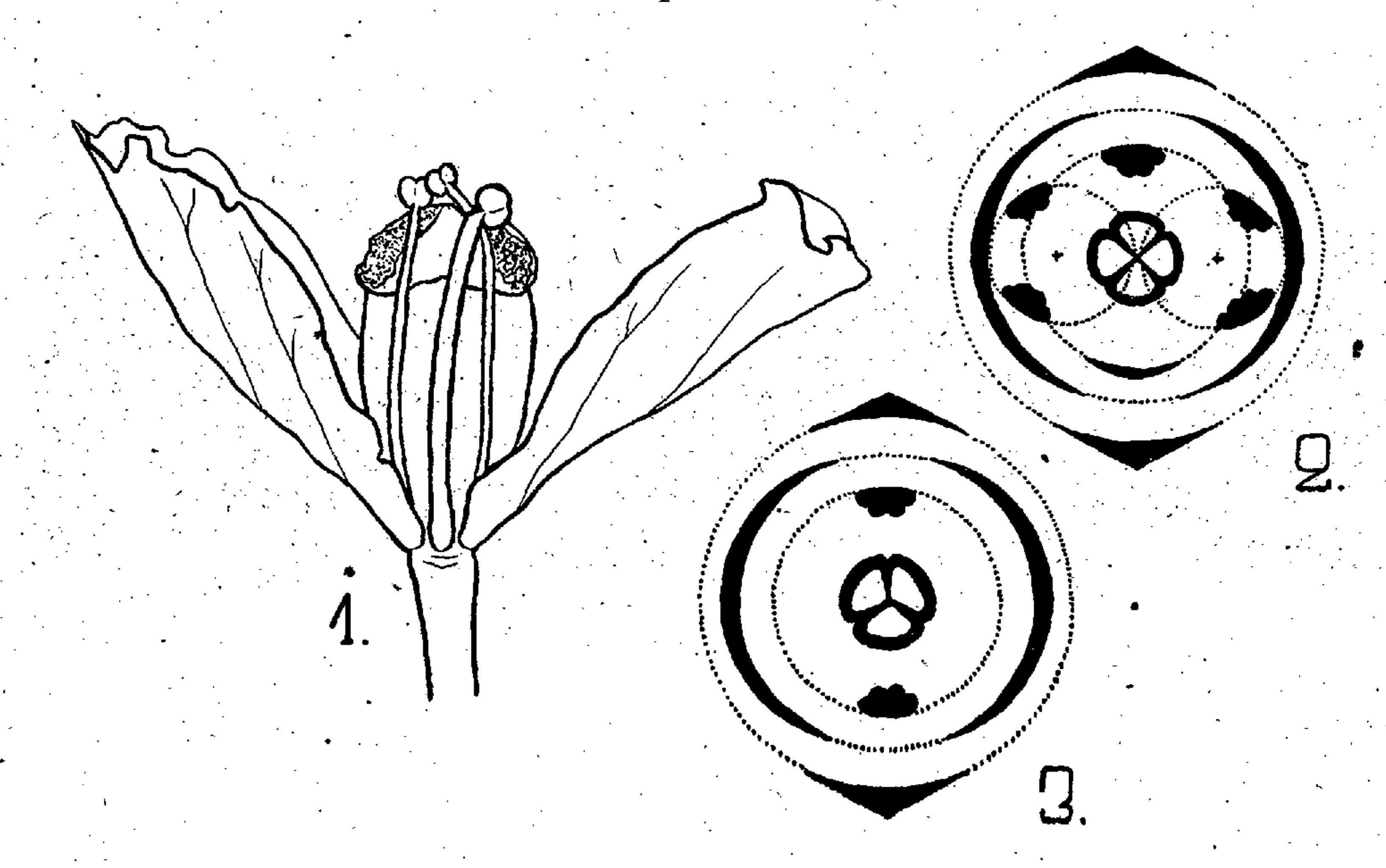
Le réensemencement spontané de *Papaver setigerum* D. C. en terrain pauvre, a donné, après plusieurs années, dans les dépendances de l'Institut Botanique

(*) Séance du 5 juillet 1948.

de Montpellier, une série de formes progressivement dérivées du type normal qui, d'ailleurs, se perpétue parmi elles. Ces formes manifestent un curieux retour au type dimère fondamental des Rhœadales, qui s'exprime ici, de la façon la plus évidente, au niveau de la corolle généralement réduite à deux pétales alternisépales (*fig.* 1).

Les deux pétales du cycle interne ne sont pas, pour autant, absents. Ils existent, mais transformés en deux étamines, régulièrement épisépales, dont l'homologie ne saurait être méconnue. Dans certaines fleurs, en effet, existent concuremment, et se faisant face, une étamine et un pétale, tous deux parfaitement définis (*fig.* 2).

Dans les cas de réduction extrême, ce cycle dimère d'étamines existe seul (*fig.* 3). Plus souvent, quatre étamines disposées en diagonale s'y surajoutent; ces dernières sont toujours réparties en deux paires, opposées l'une à l'autre, insérées à l'intérieur et à la base des pétales du cycle externe (*fig.* 1 et 2).



Un tel androcée répond de façon évidente au type réalisé chez les Crucifères. Il s'apparente également, et de façon tout aussi impérieuse, au plan floral des Fumariacées.

Quant au gynécée, il se réduit rarement au delà de quatre carpelles en croix, correspondant, selon nos vues, à deux cycles dimères alternés. Exceptionnellement l'un des carpelles, épipétales, avorte (*fig.* 3). Je n'ai pu trouver, dans le matériel dont je disposais, la forme bicarpellée épisépale dont on est en droit de supposer l'existence.

Sur ces bases on peut fonder quelques considérations :

La disposition diagonale des quatre étamines internes corrobore et confirme, en s'expliquant par elle, la théorie de la valeur préfoliaire de certaines pièces

florales dont les Crucifères sont le meilleur exemple ([1]). Chaque paire, épipétale, dérive ici, comme dans ce dernier groupe, de deux éléments foliaires dépendant d'un bourgeon axillé par les pièces de la corolle (*fig.* 2). Ainsi s'affirme, aussi bien chez les Papavéracées que chez les Crucifères, la dimérie parfaite du schéma fondamental.

Ainsi s'explique aussi, par le même mécanisme, la disposition en triade de certains éléments floraux qui se manifeste exceptionnellement chez les Papavéracées, dans le cas étudié ici, et se retrouve constamment chez les Crucifères, et les Fumariacées. Dans ce dernier groupe, l'*Hypecoum* doit être considéré, non pas comme la forme archaïque tétrostémone donnant, par fissuration longitudinale des étamines episépales, le type héxostémone fixé chez les Crucifères, mais, au contraire, comme l'aboutissement d'une évolution qui entraîne la coalescence, par paire, des pièces diagonales de l'androcée.

BOTANIQUE. — *Sur un genre nouveau de Moracée-Moroïdée des Philippines* (*Chevalierodendron*) *et sur sa structure nodale*. Note de M. **Jean-François Leroy**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Un arbre dioïque endémique aux îles Philippines a été classé par E. D. Merrill, d'après des rameaux fructifères (Merrill, 1205), parmi les Ulmacées-Celtidoïdées, et nommé par lui *Gironniera glabra* sp. nov. ([1]). Quelques années plus tard, Elmer décrivait un échantillon ♂ de la même espèce sous le binome *Aphananthe negrosensis* (Celtidoïdée) ([2]) et notait son étroite ressemblance avec l'espèce identifiée par Merrill ([4]). Enfin, en 1923, Merrill ([3]) réunissait l'une et l'autre espèce sous l'appellation initiale.

La plupart des spécimens connus de cet arbre — dont en particulier un cotype (Merrill, 1205) — se trouvent dans notre Herbier National au Muséum de Paris et nous avons pu en reprendre aisément l'étude. Les résultats auxquels nous sommes parvenu divergent considérablement de ceux de nos devanciers et méritent, pensons-nous, une attention particulière.

Incontestablement cette plante n'est ni un *Gironniera*, ni un *Aphananthe*. Qui plus est, elle ne peut avoir sa place dans les Ulmacées. Nous estimons qu'un caractère tel que celui de la *position renversée des anthères dans le bouton*, lequel caractère paraît avoir échappé aux descripteurs sus-nommés, représente un critère fondamental pour situer la plante dans les Moroïdées-Morées.

([1]) J. Motte, *Rec. Trav. Bot.*, Fasc. 2, 1946, p. 10-13.

([1]) *Philipp. Journ. Sci.*, **1**, suppl. 42, 1906.

([2]) *Leafl. Philipp. Bot.*, **2**, 1909, p. 575.

([3]) *An Enumeration of Philippine Flowering Plants*, **2**, 1923, p. 32-35.

([4]) Nous avons indiqué par ailleurs les invraisemblables confusions qui se sont établies entre ces deux genres pourtant bien distincts.

De plus, la texture coriace ou subcoriace des feuilles, leur nervation camptodrome constituent un ensemble de traits que l'on ne retrouve nulle part chez les Ulmacées, mais qui sont par contre fort fréquents chez les Moracées. Par ailleurs, par les stipules terminales intrapétiolaires connées, par le calice des fleurs ♀, probablement persistant, les stigmates non filiformes, mais subulés, les fruits glabres, non comprimés, sessiles, en cymes courtes, les poils tecteurs lisses, cette plante s'éloigne sensiblement des *Gironniera*. Nous la nommons *Chevalierodendron glabrum*, faisant d'elle ainsi le type d'un genre nouveau de Moroïdée ([5]).

Si l'appareil conducteur foliaire des *Gironniera* est assez voisin de celui de certains genres de Moracées, établissant, à cet égard, un terme de passage de plus entre cette dernière famille et les Ulmacées, il n'en est pas moins assez particulier pour être distingué. Cette observation garde sa valeur dans la comparaison des structures foliaires des genres *Gironniera* et *Chevalierodendron*. Il faut d'ailleurs prendre garde quant à l'interprétation de la structure nodale. Pour nous, de façon générale, le nœud tel qu'il est déterminé par le raccord pétiole-tige, n'a qu'une valeur bien relative. Dans le cas précis qui nous occupe, une coupe transversale du pétiole de *Chevalierodendron*, si près soit-elle de la base, ne donne qu'une fausse indication sur la structure de la *trace foliaire*. De même une section de tige, au niveau du nœud, peut occasionner une lecture inadéquate aux faits. Avant même qu'aucune différenciation nette du bourgeon axillaire, avant aussi que les ébauches stipulaires soient saisissables, 4-5 faisceaux pétiolaires sont déjà visibles dans une coupe au sommet du *segment foliaire*. Ce n'est qu'un peu plus bas encore dans la tige que le raccord stèle-faisceaux pétiolaires se définit nettement. A ce niveau 3 faisceaux, 1 médian et 2 latéraux, sont en relief par rapport à la stèle et forment une trace foliaire de type *trilacunaire*. On peut suivre le processus d'organisation nodale par l'étude du développement du méristème terminal. Initialement, dès que s'ébauchent dans le primordium foliaire les cordons procambiaux, ils sont au nombre de 3 et constitueront le faisceau médian et les deux faisceaux latéraux. Rapidement deux autres faisceaux apparaissent se raccordant aux deux latéraux; ils irrigueront les ébauches stipulaires. Ultérieurement, d'autres anastomoses se manifestent : mais ontogéniquement, le stade premier de différenciation est trilacunaire. Il semble bien qu'il y ait une certaine liaison entre la présence de stipules et la structure trilacunaire, comme l'avait déjà noté E. W. Sinnott (1914).

Chez *Gironniera* par contre la trace est *plurilacunaire*. L'étude seule de la base du pétiole induirait donc en erreur et conduirait à admettre à cet égard des rapprochements trop accentués. Chez les deux genres en cause la stèle est

---

([5]) Nous dédions ce genre à M. le Professeur Auguste Chevalier.

d'ailleurs profondément différente; la sclérification, d'apparence plus caulinaire que foliaire, étant accélérée chez *Gironniera* et déjà fort importante au nœud le plus rapproché du bourgeon terminal est encore nulle à ce même niveau chez *Chevalierodendron*. Comment se retenir de noter au passage qu'une accélération de même ordre chez ce dernier genre pourrait peut-être conduire, par saut de la première phase, à une trace plurilacunaire? Il peut y avoir là une indication phylogénique.

L'étude morphologique que nous avons faite de ces deux genres *Gironniera* et *Chevalierodendron*, évolués par rapport aux Ulmacées dans leur ensemble et assez voisins, nous impose de considérer l'un et l'autre comme appartenant respectivement aux Ulmacées et aux Moracées.

ALGOLOGIE. — *Sur l'emploi du photomètre dans l'étude de la sédimentation des Algues*. Note (*) de M[lle] **Vlasta Benešova**, présentée par M. Roger Heim.

Les cultures d'Algues unicellulaires ou cénobiales se développent sur le fond des flacons de culture. C'est uniquement au moment où se produisent des formes flagellées que le milieu de culture se trouve peuplé dans toute sa masse.

Les Algues, mises en suspension dans le milieu, se sédimentent avec une vitesse variable suivant leurs caractères spécifiques et le stade auquel est parvenue la culture. Ce phénomène peut être étudié d'une manière simple à l'aide du photomètre de Meunier. Sur le trajet d'un faisceau de lumière parallèle est disposée une cuve, où l'on place la suspension d'Algues qui se sédimente. Les Algues absorbent une partie de la lumière du faisceau et la mesure photométrique s'effectue grâce à un dispositif qui égalise l'intensité lumineuse ayant traversé la cuve et celle d'un faisceau mécaniquement réglable. Si l'écran constitué par les Algues est modifié parce que la sédimentation les fait sortir du champ lumineux, le réglage se trouve changé et ce changement fournit une mesure de la lumière que ces organismes absorbaient.

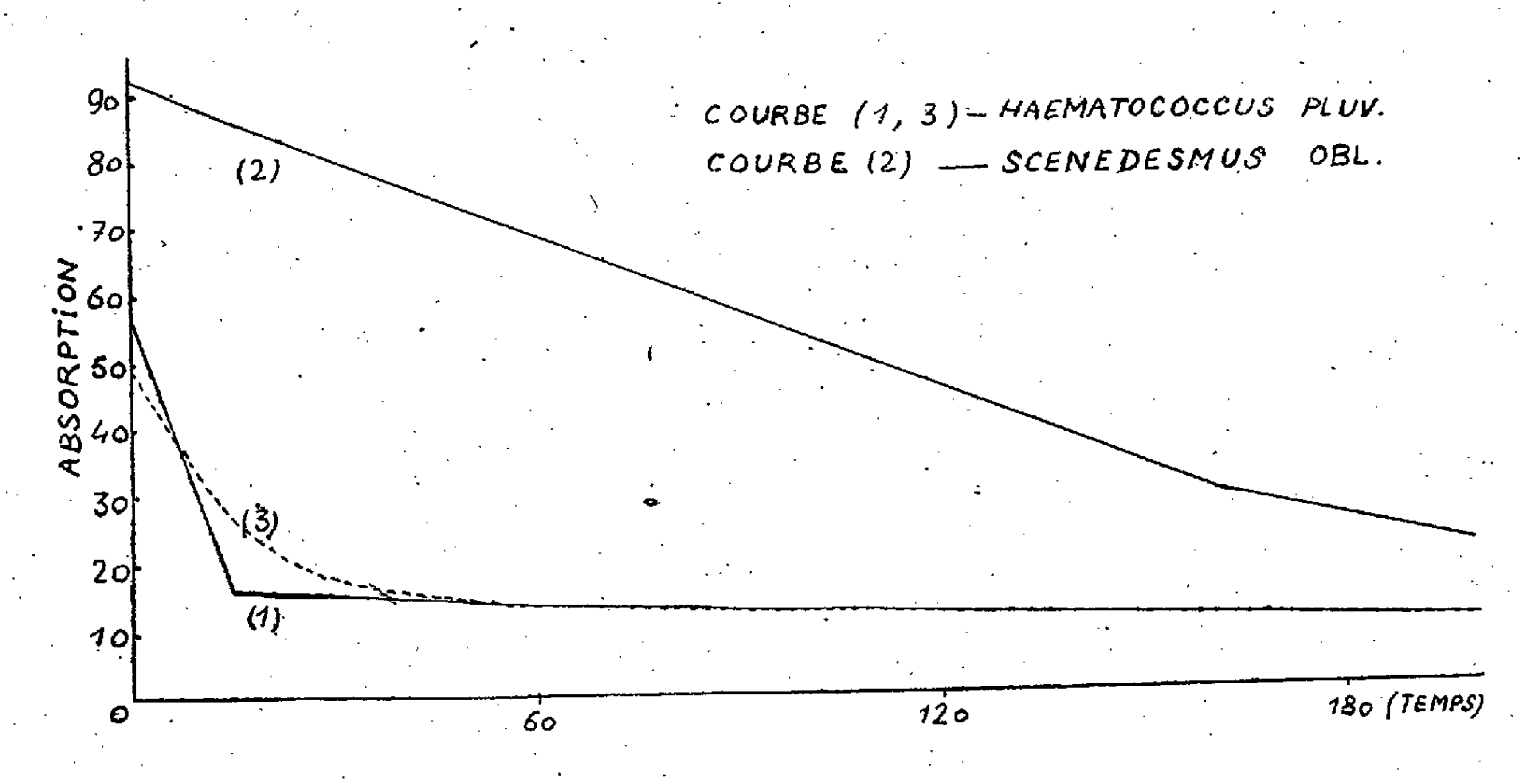
Lorsqu'on trace les courbes photométriques en fonction du temps, pour des suspensions d'algues diverses, on obtient des courbes comprises entre deux types extrêmes, l'un fourni par *Scenedesmus obliquus* par exemple, l'autre par *Hæmatococcus pluvialis* sous sa forme non flagellée.

Le type de graphique le plus net se rapporte à la sédimentation d'une culture d'*Hæmatococcus* comportant de grosses cellules au repos (kystes ou zygotes) et, d'autre part, de petites cellules sans flagelles (aplanospores). La courbe de sédimentation (1) comporte deux parties : l'une correspond à la chute des grosses cellules; c'est une droite à pente très forte : ainsi, une suspension qui détermine une absorption de 58 divisions du photomètre de Meunier, tombe en 15 minutes à 16 divisions seulement. A ce moment se produit une

(*) Séance du 5 juillet 1948.

rupture de pente, et c'est une nouvelle droite, extrêmement peu inclinée, qui traduira en plusieurs heures la sédimentation des petites cellules.

Dans l'autre type, *Scenedesmus obliquus*, on distingue encore deux parties



dans la courbe (2), mais les deux droites, beaucoup moins inclinées que chez *Hæmatococcus*, sont presque dans le prolongement l'une de l'autre. Par exemple, une absorption de 92 divisions tombe en 160 minutes à 30,5. Un changement de pente se produit alors et la sédimentation s'effectue très lentement pour les cellules qui demeurent en suspension.

Lorsque les types cellulaires mêlés dans une même culture sont plus nombreux et fournissent des transitions entre les formes extrêmes, la courbe expérimentale (3) présente un raccord continu entre la pente correspondant à la sédimentation des cellules les plus denses, et celle relative aux cellules les plus lentes à tomber.

Il faut remarquer, toutefois, que la régularité des courbes n'est pas toujours aussi parfaite que dans les cas étudiés ici. D'une manière générale la première partie de la courbe, se rapportant à la chute rapide des particules denses, est régulière. Mais ensuite des irrégularités peuvent se produire : après une heure de sédimentation avec *Scenedesmus*, le contenu de la cuve est totalement clair et incolore dans sa partie supérieure, vert dans sa partie inférieure. La limite entre ces deux zones est souvent un plan parfait. La mesure totalise l'absorption très faible de la partie supérieure et celle encore importante de l'inférieure. Parfois, la zone traversée par les rayons lumineux devient plus claire que les zones voisines. L'absorption a corrélativement baissé. Enfin, la zone éclaircie peut être traversée par une sorte de nuage de particules vertes qui remontent vers la surface, et, traversant le champ lumineux, augmentent nécessairement l'absorption.

Les irrégularités ainsi créées sur la courbe sont au total moins importantes

que ne le laisserait redouter l'apparence extérieure du phénomène. Elles ne retirent rien à l'intérêt que présente dans l'étude de la sédimentation l'emploi du photomètre, qui complète les méthodes d'examen microscopique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture des Myxomycètes et production de substances antibiotiques par ces champignons*. Note de M. **Marcel Locquin**, présentée par M. Roger Heim.

I. On a jusqu'ici essayé de priver les plasmodes de Myxomycètes du cortège bactérien qui les accompagne naturellement : *a*. par stérilisation de l'enveloppe des spores avant germination; *b*. par germination de spores en suspension dans un grand volume de liquide, en se fiant au hasard pour obtenir des cultures pures; *c*. Par migration des plasmodes sur milieux stériles et non nutritifs ([1]). Toutes les espèces ne supportent pas de tels traitements, soit qu'elles soient trop sensibles aux antiseptiques utilisés dans la première méthode, soit que les plasmodes meurent d'inanition au cours des dix à douze transferts habituellement nécessaires lors de l'application de la troisième méthode.

Nous avons, de notre côté, essayé la germination des spores et la culture des plasmodes sur milieu gélosé-glucosé préalablement irradié par les rayons ultraviolets. Malheureusement les substances toxiques développées par l'irradiation, si elles respectent les champignons filamenteux, tuent les Myxomycètes aussi bien que les bactéries.

Nous avons ensuite essayé l'action d'antibiotiques dilués sur les spores en germination, sur les simblospores, les myxamibes et les plasmodes. La pénicilline, la streptomycine (10 à 50 U. par cm^3) et la tyrothricine (0,5-1 mg/cm^3) ajoutées au milieu liquide, ou utilisées pour des lavages quotidiens de la culture sur milieu solide, se sont révélées d'une innocuité absolue pour les plasmodes, tandis que la patuline, la furacine et l'acide ungulinique offraient une toxicité trop grande pour être employés. Dans le cas des plasmodes, en combinant le lavage avec la solution d'antibiotique et la migration sur agar lavé, on abrège de beaucoup la purification qui ne nécessite plus que trois ou quatre transferts en moyenne, au lieu de dix selon la méthode de Cohen. De plus les plasmodes traités (surtout à la tyrothricine) poussent en général plus vigoureusement que les témoins. La germination des spores, l'entretien des simblospores et des myxamibes dans des solutions de ces antibiotiques renouvelées quotidiennement pendant les premiers jours se fait aisément et conduit à des cultures aseptiques dans 80 % des cas.

Les plasmodes purs ainsi obtenus ont pu être entretenus plusieurs mois sur le milieu synthétique nouveau suivant : eau : 1000; gélose : 30; $NaHCO_3$: 0,1;

([1]) A. L. Cohen, *Bot. Gaz.*, 101, 1939, p. 243.

NaCl : 0,6; $CaCl_2$: 0,1; KCl : 0,1; KH_2PO_4 : 2; thiourée : 0,2; ergostérol : 0,5; aneurine : 0,1; acide paraminobenzoïque : 0,1; acide indolylacétique : 0,1; xylose : 3; lévulose : 6; tyrosine : 0,2; leucine : 0,2; alanine : 0,2; glycocolle : 0,3 grammes.

II. L'action antibiotique des extraits aqueux de différents plasmodes a déjà fait l'objet d'une étude de Mlle J. Sobels ([2]). Nous pouvons préciser que les plasmodes étudiés par nous (7 souches se rapportant aux : *Fuligo septica*, *Badhamia utricularis*, *Trichamphora pezizoidea*) produisent chacun deux classes de substances antibiotiques : l'une thermolabile, fongistatique et bactériostatique, présentant en suspension aqueuse une biréfringence d'écoulement positive et révélant, après purification, une structure grillagée au microscope électronique, l'autre plus précisément fongistatique et plus stable.

Dans les sporanges de sept espèces : *Lycogala flavo-fuscum* et *epidendrum*, *Stemonitis fusca*, *Tubifera ferruginosa*, *Mucilago spongiosa*, *Reticularia Lycoperdon* et *Fuligo septica* nous avons reconnu la présence de substances plus ou moins actives vis-à-vis des anaérobies classiques testés par la méthode de A. R. Prévot ([3]) au vert Janus. L'extrait de *L. flavo-fuscum* contient au moins deux antibiotiques dont l'un, insoluble dans l'eau, présente en solution benzénique 3 bandes d'absorption : 444-460$^{m\mu}$, 476-490$^{m\mu}$, 507-523$^{m\mu}$.

De *F. septica* nous avons retiré des produits de dégradation des mélanines (inactifs) et deux acides actifs, jaunes en milieu réducteur, incolores à l'état oxydé, adsorbables sur alumine, présentant des propriétés chimiques et biologiques très voisines, que nous nommons Fuligoïque E (épiphasique) et Fuligoïque H (hypophasique)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du chrome chez les végétaux.* Note de M. **Louis de Saint Rat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de ces dernières années, on a souvent signalé la présence de traces de chrome dans le sol de différentes régions du globe, ainsi que dans les cendres d'espèces végétales poussant dans ces mêmes contrées ([1]).

L'accumulation anormale de chrome serait même pour A. Keiller ([2]), ainsi que pour A. J. van der Merwe et F. J. Anderssens ([3]) la cause de deux

---

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1030.
([3]) *Cf.* M. Locquin, J. Locquin et A. R. Prévot, *Rev. de Mycologie*, 13, 1948, p. 3.

([1]) A. Dingwall, Andrew et H. T. Beans, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1666; R. A. Carrigan, *Proc. Soil Sc. Soc. Florida*, 2, 1940, p. 92-103; Ws. Hodgkis et B. J. Errington, *Trans. Kentucky Acad. Sci.*, 9, 1941, p. 17-20.
([2]) *Tea Quart.*, 12, 1939, p. 96-97.
([3]) *Farming S. Africa*, 12, 1937, p. 439-440.

maladies atteignant spécialement, dans certaines régions, les plantations de thé et de citronniers.

Les recherches sur la diffusion du chrome ayant généralement été conduites par la méthode spectrale, les données quantitatives que l'on retrouve dans la littérature scientifique sont trop peu nombreuses pour nous permettre de nous faire une idée précise de l'importance de cet élément.

Pour étudier la répartition du chrome dans les organes végétaux, nous avons utilisé une méthode colorimétrique basée sur la réaction à la diphénylcarbazide de Cazeneuve ([4]).

L'élimination des ions gênants, Cd, Mg, Hg, Ag, Pb, Ni, Co et plus particulièrement Fe et Va, se fait en combinant ces éléments avec le cupferron dans la solution chlorhydrique des cendres préalablement débarrassée de SiO_2 (Pinkus et Martin) ([5]).

Les complexes insolubles sont extraits par le chloroforme à $pH = 1,8$ (P. Meunier) ([6]).

Les complexes solubles de chrome et de manganèse restant dans la solution acide, sont minéralisés par le mélange sulfo-nitrique. La solution des sulfates est ensuite oxydée par l'acide persulfurique, en présence de nitrate d'argent, selon la technique mise au point à propos du manganèse par Gabriel Bertrand ([7]).

La couleur jaune de l'acide chromique formé est alors plus ou moins masquée par la coloration rose de l'acide permanganique. La réduction de ce dernier est obtenue par addition de nitrure de sodium qui ne touche pas à l'acide chromique.

La solution acide est alors additionnée d'une solution alcoolique de diphénylcarbazide, qui donne avec l'acide chromique une matière colorante violette dont la teinte est suffisamment pure pour permettre une bonne mesure à l'électrophotomètre.

La relation entre la concentration et la densité optique, en lumière monochromatique, est pratiquement linéaire.

En travaillant avec soin avec des réactifs purifiés, nous avons pu facilement apprécier des quantités de chrome de l'ordre de $0^{\gamma},1$. Ce qui permet de réduire la prise d'essai aux environs de 50^{g}.

Notre travail représente 135 dosages portant sur des plantes appartenant à 29 familles botaniques. Nous avons dans toutes retrouvé du chrome sauf dans la levure de boulangerie, dans laquelle nous n'avons pu le caractériser, tout au moins avec une prise d'essai normale de 50^{g}.

([4]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **23**, 1900, p. 701 et **25**, 1901, p. 761.
([5]) *J. Chim. Phys.*, **24**, 1927, p. 83 et 137.
([6]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1250.
([7]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **9**, 1911, p. 361.

Si nous dressons le tableau des fréquences pour des teneurs comprises entre 0 et 10 000$^{\gamma}$ par kilogramme de matière sèche, nous obtenons les groupements suivants :

Intervalles en γ par kg de matière sèche.	Fréquences groupées.	Fréquences cumulées.
0	1	
1 à 10	6	7
11 à 50	21	28
51 à 100	17	45
101 à 500	52	97
501 à 1 000	22	119
1 001 à 5 000	15	134
5 001 à 10 000		
> 10 000	1	135

L'examen de ce tableau nous montre que la majorité des échantillons examinés se classe entre 10 et 1000$^{\gamma}$ avec une densité maxima entre 100 et 500$^{\gamma}$.

Le Cresson présente une teneur exceptionnelle de 12 690$^{\gamma}$.

Les céréales panifiables et les légumineuses, qui jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation de l'homme, se rangent dans la 2e série (10 à 50$^{\gamma}$).

La Pomme de terre se signale par sa pauvreté, 2$^{\gamma}$ seulement.

Parmi les fruits, la Cerise et la Poire sont les moins riches : 32$^{\gamma}$; tandis que le péricarpe de la Pomme en contient 500$^{\gamma}$ et la pelure 850$^{\gamma}$.

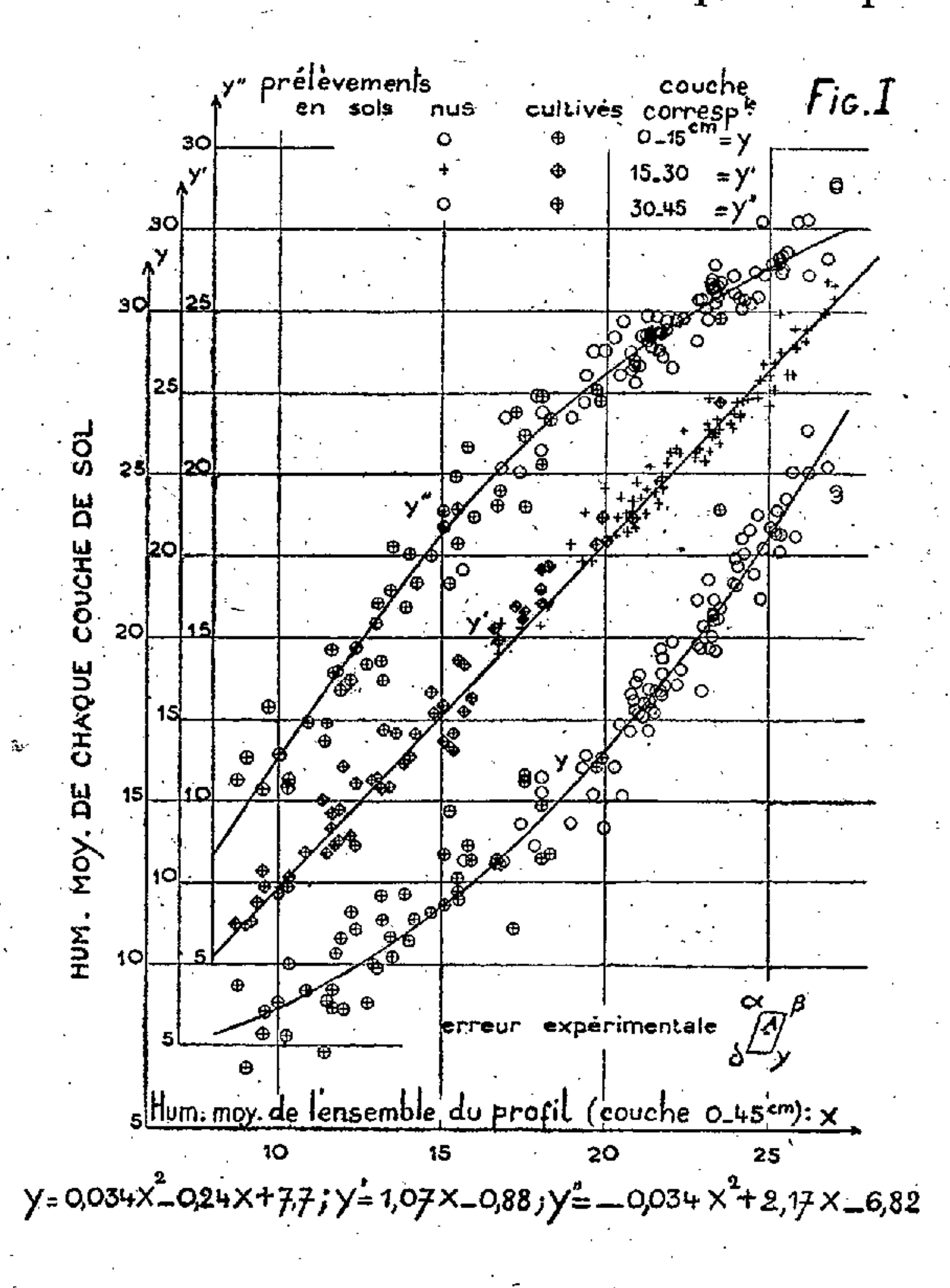
Le Champignon de couche contient 135$^{\gamma}$ et le Cèpe 58$^{\gamma}$. Nous voyons donc que, comparativement aux oligoéléments les plus anciennement étudiés Fe, Mn, Zn, la teneur en chrome des végétaux est relativement faible.

PHYSIQUE DU SOL. — *Profil hydrique d'un sol de limon en période de non-drainage; possibilité de le définir par l'humidité moyenne d'une couche quelconque du sol.* Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans l'étude des profils hydriques d'un sol, on part habituellement des déterminations faites, à un instant donné, sur des échantillons moyens prélevés à la sonde, et se rapportant à des couches successives de terre d'égale épaisseur, depuis la surface du sol jusqu'à une profondeur donnée. Nous nous proposons de montrer, qu'en période de non-drainage (soit 1 à 4 jours après une pluie, suivant l'importance de celle-ci), le profil hydrique est pratiquement défini, tout au moins pour le type de sol étudié et sous le climat de la région parisienne, à partir du moment où l'on connaît l'humidité moyenne d'une couche quelconque du sol.

Le graphique par « points » de la figure I a été établi en partant de près de 140 séries de déterminations de l'humidité effectuées depuis 1935 à la Station Centrale de Bioclimatologie agricole à Versailles, dans une terre de

limon, *diversement travaillée ou cultivée*. Pour chaque série de déterminations, on a porté en abscisses, l'humidité moyenne x de la couche 0-45^{cm} de profondeur, définissant l'ensemble du profil considéré, et en ordonnées, respectivement, les humidités moyennes y, y', y'' de chaque couche 0-15^{cm}, 15-30^{cm}, 30-45^{cm} correspondantes. On voit que, dans chaque cas, il est possible de définir une courbe d'ajustement caractéristique, exprimant l'humidité moyenne de chaque couche du sol y, y' ou y'', en fonction de l'humidité moyenne du profil x, choisie comme paramètre commun. Inversement, les courbes d'ajustement trouvées, calculées par la méthode des moments, permettent de définir x en fonction de l'humidité d'une couche quelconque du sol.

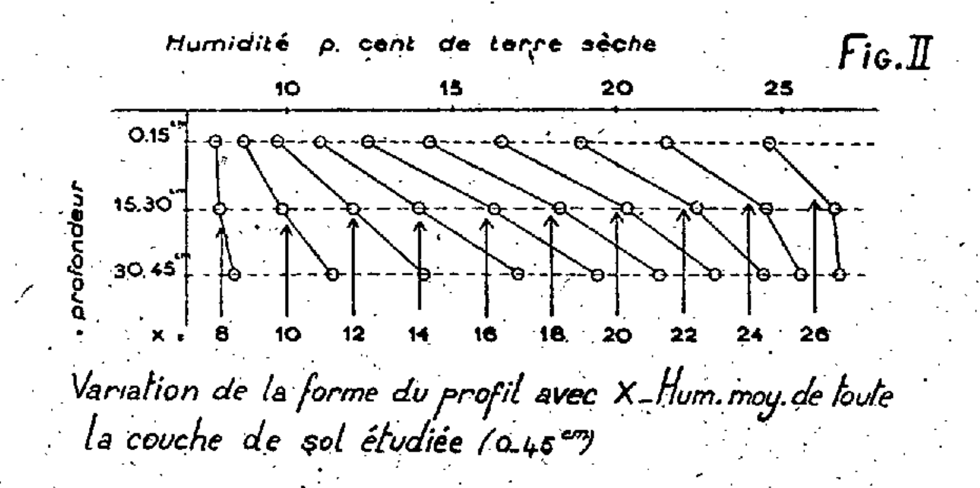


$y = 0{,}034x^2 - 0{,}24x + 7{,}7$; $y' = 1{,}07x - 0{,}88$; $y'' = -0{,}034x^2 + 2{,}17x - 6{,}82$

Pour expliquer la dispersion des points observée autour de chaque courbe d'ajustement, on doit attacher une importance particulière à l'*erreur expérimentale*, liée au mode d'échantillonnage utilisé, l'humidité de chaque couche de terre ayant été effectuée sur un seul échantillon moyen prélevé sur le mélange de terre correspondant à trois coups de sonde seulement. L'expérience montre que, dans ces conditions, l'écart quadratique moyen σ de l'erreur commise sur y, y' ou y'' est voisin de 0,3, d'où une valeur maximum de l'erreur de $\pm$ 0,6, soit $\pm 2\sigma$, si l'on se fixe 0,05 comme seuil de probabilité. Graphiquement, ceci revient à dire que les limites de l'incertitude qui peut être admise dans la *position relative* d'un point expérimental quelconque, par rapport à sa

position vraie A, telle que celle-ci serait déterminée si le nombre d'échantillons et de coups de sonde était théoriquement infini, peuvent être représentées par le parallélogramme $\alpha\beta\gamma\delta$ (*fig.* I).

Compte tenu de l'erreur expérimentale ainsi définie, les résultats obtenus montrent que la forme du profil hydrique du sol considéré est relativement indépendante non seulement des variations de structure du sol, mais encore de la nature et de l'état de développement du couvert végétal. Les courbes d'ajustement trouvées permettent en outre de préciser comment varie la répartition verticale de l'eau en fonction de l'humidité moyenne x correspondant à l'ensemble du profil (*fig.* II). L'allure de cette variation montre que les



Variation de la forme du profil avec X-Hum. moy. de toute la couche de sol étudiée (0.45 cm)

pertes en eau subies par le sol, au fur et à mesure qu'il se dessèche dans sa masse, intéressent des couches de plus en plus profondes. On constate cependant que, quel que soit le profil, celui-ci semble tendre asymptotiquement vers une constante qui n'est autre vraisemblablement que la capacité de rétention du sol pour l'eau (environ 31 % de terre sèche dans le cas actuel).

PÉDOLOGIE. — *Sur certains caractères des croûtes calcaires en rapport avec leur origine.* Note (*) de M. **Gilbert Gaucher**, transmise par M. René Maire.

I. Dans leur Note *Sur la formation de la croûte calcaire superficielle en Algérie*, MM. J. Flandrin, M. Gautier et R. Laffitte ont contesté diverses observations que j'avais relatées dans une Note antérieure ([1]), notamment sur la genèse de ce dépôt et sur ses relations avec une hydrologie en rapport avec les massifs calcaires.

D'après la théorie de Pomel, qui, selon l'avis de MM. Flandrin, Gautier et Laffitte, expliquerait d'une façon satisfaisante leur formation, les croûtes calcaires et les croûtes gypseuses résulteraient *d'une sorte d'incrustation*

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 416 et 225, 1947, p. 133.

stalagmitique superficielle par suite des eaux plus ou moins salées et séléniteuses qui remontent par capillarité (²).

On admit tantôt qu'il s'agissait des eaux des nappes phréatiques, tantôt simplement des solutions du sol, ce qui ne suppose pourtant pas les mêmes conditions. Les croûtes se rencontrent dans les régions du bassin méditerranéen actuellement steppiques et désertiques où un rôle important était accordé à l'évaporation par capillarité, les termes de *croûte steppique* et de *croûte désertique* connurent ainsi une certaine vogue.

II. Pourtant la puissance et l'extension des croûtes impliquent nécessairement la mise en œuvre de grandes quantités d'eau, ce qui s'accommode assez mal de climats steppique ou désertique même en faisant intervenir le facteur temps. D'autre part, le phénomène de la capillarité ne paraît pas capable d'engendrer de pareils dépôts : expériences et mesures montrent qu'il n'atteint pas l'ampleur qu'on lui supposait jadis (³). Aussi plusieurs géologues et pédologues ne se conformèrent-ils point à la théorie de Pomel et l'on ne peut pas prétendre que celle-ci fut unanimement adoptée.

En 1865, Fraas considérait que les croûtes calcaires de Palestine, analogues à celles d'Afrique du Nord, étaient, au moins en partie, des dépôts travertineux (⁴). Plus récemment D. Jaranoff attribuait la même origine aux croûtes du Maroc dont *il avait étudié avec soin les caractères pétrographiques* (⁵). J. Bourcart fut aussi de cet avis (⁶). D'autre part, après les pédologues russes (Glinka, Dranitzine) divers pédologues français Erhart (⁷), Oudin (⁸), Yankovitch (⁹), assimilèrent ces formations à des *ortsteins de décalcification*. Enfin pour Del Villar (¹⁰), les croûtes seraient des dépôts *gleigènes* formés à la partie supérieure des nappes phréatiques.

III. On ne peut expliquer la genèse des croûtes calcaires sans tenir compte de plusieurs considérations d'ordre chimique et pétrographique.

L'étude de la réaction chimique qui rend compte de la solubilisation ou de la précipitation du calcaire (¹¹) révèle que, *sans qu'il y ait évaporation*,

---

(²) POMEL, *Description stratigraphique générale de l'Algérie*, 1889. Cette théorie avait déjà été émise par Pomel en 1877, elle reprenait celle qu'avait suggérée Picard en 1868.

(³) PAPADAKIS, *Écologie agricole*, 1938, p. 87 et DEMOLON, *Dynamique du Sol*, 1944, p. 182.

(⁴) *Voir* historique des théories relatives à la croûte in Miège, *Première Étude sur les sols du Tadla*, 1941.

(⁵) *Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.*, 1937, p. 135.

(⁶) *Bull. Soc. Géol. France*, 1938, p. 421.

(⁷) *Traité de Pédologie*, 1, 1935, p. 186.

(⁸) *Bull. Ass. Mar. Étude du sol*, Rabat, 1939.

(⁹) *Étude pédoagrologique de la Tunisie*, 1935.

(¹⁰) *Rapport entre l'eau souterraine et la typologie des sols* Glei et croûtes, Rabat, 1938.

(¹¹) $CO_2 + CO_3Ca + H_2O \rightleftharpoons (CO_3H)^2Ca$.

ce dépôt peut être provoqué par différents facteurs : changement de température ou de pression, dégagement de CO_2 ou simple phénomène d'interface résultant d'un changement de milieu. *Il est donc bien probable que toutes les croûtes ne reconnaissent pas un seul et même processus de formation.* Les phénomènes d'interface provoquent dans les conduites d'eau des dépôts de calcaire dont la morphologie rappelle assez certaines croûtes : on ne saurait évoquer dans ce cas l'évaporation !

Un examen pétrographique des croûtes montre l'existence constante de deux couches très différentes : la supérieure toujours mince et à structure zonaire, l'inférieure à structure et à puissance variables. La première paraît bien être formée par la décalcification des horizons supérieurs, la deuxième est généralement trop épaisse (jusqu'à 2^m) pour être due au même processus. La distinction entre ces deux couches est à mon avis fondamentale ([12]).

La teneur élevée en carbonate de chaux, couramment 85 à 95 %, d'un très grand nombre de croûtes, implique l'absence de tout horizon préexistant, à travers lequel l'évaporation se serait produite (théorie de Pomel) ou dans lequel le calcaire se serait accumulé *per descensum* (théorie assimilant la croûte à un ortstein). *Ces croûtes de calcaire presque pur se sont vraisemblablement formées à l'air libre.*

La croûte se trouve parfois immédiatement superposée à une roche imperméable, sur un basalte par exemple, dans la région d'Oujda (Maroc), dans ce cas également il est impossible de faire intervenir tout processus de formation par évaporation.

On observe aussi, fréquemment, la succession suivante : une croûte de calcaire presque pur, épaisse de plusieurs décimètres, un banc de galets consolidés par la croûte, enfin, dans un sous-sol sableux ou limoneux, des traînées verticales de concrétions calcaires pouvant se poursuivre jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur. L'encroûtement par le calcaire est continu d'un horizon à l'autre et ne peut s'expliquer par évaporation superficielle ; il s'agit d'un ancien thalweg encroûté et les concrétions du sous-sol sont dues à l'inféro-flux. (Théorie de del Villar.)

Certains de ces caractères, notamment la puissance de nombreuses croûtes, leur extension, leur teneur élevée en CO_3Ca, leur formation à l'air libre, incitent à penser qu'elles ne résultent pas d'un processus pédologique, mais bien d'un *phénomène géologique*. Si la cause déterminante de la précipitation du calcaire n'est sans doute pas la même pour toutes les croûtes, l'apport de ce calcaire n'a pu être opéré que par une *activité hydrologique*.

([12]) J'ai relaté et commenté cette observation pour la première fois le 14 décembre 1945 au cours d'une communication à la Section Algérienne de l'Association Française pour l'Étude du Sol.

ZOOLOGIE. — *Épitoquie expérimentale chez deux Polychètes :* Perinereis cultrifera *Grube et* Nereis irrorata *Malmgren*. Note de M. **Maurice Durchon**, présentée par M. Louis Fage.

Ces deux Néréidiens présentent dans les deux sexes une forme hétéronéréidienne avec développement, aux parapodes moyens et postérieurs, de lames foliacées et de soies natatoires qui remplacent les soies néréidiennes. L'épitoquie coïncide toujours avec la période finale de maturation des produits génitaux, la métamorphose commençant environ un mois avant la date de reproduction pour s'achever quelques jours avant les essaimages qui marquent la fin de la vie de ces Polychètes. *Perinereis cultrifera*, bien étudiée par Herpin, vit trois ans et se reproduit, en Manche, au mois de mai de sa troisième année. *Nereis irrorata*, qui vit au moins deux ans, a sa phase hétéronéréidienne en août et septembre.

Au cours d'expériences destinées à rechercher le déterminisme de l'épitoquie, j'ai pu déclencher la métamorphose, en dehors des périodes normales de reproduction chez des exemplaires de ces deux Néréidiens récoltés à la station de Luc-sur-Mer.

Des individus jeunes, dont les produits génitaux n'étaient pas encore tombés dans le cœlome, et des adultes pris cinq à trois mois avant la maturité sexuelle, ont été sectionnés en deux tronçons, par une ligature située à peu près au milieu du corps. Un mois environ après cette opération, toutes les parties postérieures ont subi un commencement très net de métamorphose, tandis que les parties antérieures n'ont montré aucune transformation et que les individus témoins sont restés complètement atoques. Plusieurs tronçons postérieurs ont pu être maintenus vivants jusqu'au stade de la poussée des soies natatoires.

Ces recherches préliminaires montrent donc que l'épitoquie peut être provoquée expérimentalement en dehors de la maturité sexuelle et même en l'absence de produits génitaux dans le cœlome.

Les causes de cette épitoquie précoce ne sont pas à rechercher dans l'influence de l'inanition à laquelle se trouvent évidemment soumis les tronçons postérieurs, puisque des *Perinereis cultrifera* intactes, soumises à un jeûne de cinq mois, ne se sont métamorphosées qu'à la période normale. Mais d'autres expériences, actuellement en cours, semblent indiquer que l'épitoquie est, chez certaines espèces, un phénomène spontané, ne dépendant directement ni de l'état de maturité génitale, ni de l'âge de l'individu. Ce phénomène demeurerait longtemps inhibé, très probablement par quelque action de la région prostomiale, comme je me propose de le montrer dans une communication ultérieure.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le couvain, estomac de la ruche.* Note de M. **Maurice Mathis**, présentée par M. Émile Roubaud.

Réaumur a défini *le couvain* : l'ensemble des stades, embryonnaires larvaires et nymphaux des abeilles. *Le nid à couvain* est la partie des gâteaux de cire occupée par les œufs, les larves et les nymphes. Pour nous, le nid à couvain est la zone isotherme stable, présentant le degré de chaleur et le degré hygrométrique constants, correspondant à l'optimum du développement des jeunes, de l'œuf à l'imago. Cette zone de développement avait été bien observée, puisque Della Rocca en 1789 écrit : « *On doit encore observer une particularité que tous les apiculteurs savent : c'est que les abeilles ne remplissent jamais en entier un rayon de couvain : il ne se trouve que dans le milieu; sa partie supérieure, dans deux ou trois pouces de largeur et les bords des rayons sont vides, ou ne contiennent que du miel.* »

De la naissance au troisième jour, les larves reposent sur une espèce de bouillie ou gelée blanchâtre (gelée royale des apiculteurs). Si l'on colore avec du bleu de méthylène ou du rouge neutre le sirop de sucre qui est donné aux abeilles, on peut constater la présence de ce sirop coloré dans certaines cellules, mais jamais la bouillie ne présente la moindre coloration; ce qui démontre expérimentalement que cette bouillie n'est pas une *régurgitation*, mais un produit véritablement élaboré et sécrété par les glandes pharyngiennes des abeilles-nourrices.

Du troisième au cinquième jour, on trouve dans le tube digestif des larves une grande quantité de grains de pollen. Cette nourriture a été donnée aux larves de la bouche même des abeilles-nourrices.

Au stade prénymphal, le tube digestif des larves se trouve vidé de cet amas de pollen en partie digéré. Comme on ne le trouve pas dans le fond des cellules, c'est qu'il a été repris par les abeilles elles-mêmes.

On peut donc considérer comme un fait établi expérimentalement que les échanges *trophobiotiques* de E. Roubaud se font dans les deux sens : abeilles-larves, larves-abeilles.

Le couvain (larves de 3 à 5 jours) que nous disons *actif* représenterait donc *l'estomac de la ruche*. C'est lui qui posséderait les sucs digestifs les plus capables de digérer le pollen et les sucres du nectar. Cette conception nouvelle s'appuie sur l'ensemble des faits suivants :

1° Au cours de la période hivernale, alors que le couvain n'existe plus, la consommation de miel est à peu près nulle.

2° Toute colonie qui est privée de couvain depuis un certain temps ne récolte plus ni pollen ni nectar.

3° Des abeilles isolées, sans reine et sans couvain, ne transforment jamais le nectar, ou le sirop de sucre coloré, en miel operculé. Elles négligent le sirop

de sucre mis à leur disposition, ne sécrètent plus de cire et tombent dans une inaction complète. Elles meurent en moins de 15 à 20 jours.

4° Des abeilles isolées dans une ruchette avec une reine vierge et sans couvain transportent le sirop de sucre distribué dans les cellules de cire, mais ne le tranforment jamais en miel operculé.

5° Des abeilles nées d'un cadre de couvain operculé isolé, malgré la présence de pollen dans les cellules, de nectar et de miel operculé, ne tardent pas à mourir, après être tombées dans la plus parfaite inaction.

6° Des abeilles isolées avec une reine vierge peuvent récolter du pollen sur les fleurs, mais ne le consomment jamais. Au contraire, dès qu'on leur donne du couvain, elles l'absorbent immédiatement et en grande quantité.

Comme preuves inverses nous avons les faits suivants :

1° C'est à l'époque du grand élevage du couvain que les abeilles déploient la plus grande activité, récoltent le plus de pollen et de nectar, qu'elles amassent les plus grandes quantités de miel operculé.

2° La présence de couvain de larves destinées à donner des mâles ou faux-bourdons donne à la colonie une activité débordante. Cette activité serait liée aux grandes quantités de diastases digestives sécrétées par ces grosses larves.

3° Un essaim nouvellement établi, et qui possède une grande quantité de larves, travaille avec une activité considérable; dans le cas d'une reine inféconde, ou qui disparaît au cours de son vol nuptial, l'essaim qui ne possède pas de couvain tombe très rapidement dans l'inaction la plus complète et toutes les abeilles périssent en quelques semaines.

En résumé, cet ensemble d'observations nous amène à considérer les abeilles comme des insectes non seulement atrophiés au point de vue sexuel (ce que tout le monde reconnaît), mais encore comme des insectes atrophiés au point de vue des sucs digestifs.

Ces faits éclairent d'un jour nouveau la physiologie de la ruche. Ils permettent de bien comprendre les rapports trophobiotiques réciproques qui unissent les abeilles à leurs larves ainsi que le rôle considérable joué par les mâles dans la colonie, rôle qui n'est pas simplement réduit à celui d'un vol nuptial hypothétique; par ailleurs, ils ouvrent des horizons d'une grande portée sur la digestion du pollen et du nectar, sur la formation des essaims naturels et par répercussion, sur certaines maladies des abeilles, maladies qui frappent les larves et qui sont connues sous le nom de *loques*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'assimilation du 2.3-butanediol et de l'acétoïne par les bactéries.* Note de MM. **Maurice Lemoigne** et **Michel Hooreman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le 2.3-butanediol ($CH_3-CHOH-CHOH-CH_3$) et l'acétoïne ($CH_3-CHOH-CO-CH_3$) sont des produits presque constants du méta-

bolisme bactérien des glucides. Existant parfois à l'état de traces, ils peuvent aussi s'accumuler dans les milieux de culture. Le problème de leur utilisation par les bactéries a donné lieu à des travaux nombreux et contradictoires que nous exposerons ultérieurement. Pour les uns, ce sont des produits intermédiaires du métabolisme glucidique, pour les autres, au contraire, ce sont des substances finales. On peut en conclure que l'assimilation ou la non-assimilation de ces produits est une question d'espèces et même de souches microbiennes.

Des recherches déjà anciennes, reprises grâce à des techniques nouvelles de dosage, nous conduisent à admettre que si le rôle de la souche est indéniable, celui des conditions de nutrition de l'organisme est au moins aussi important.

Nous avons utilisé un bacille du groupe de *Bacillus Subtilis* dans un milieu synthétique contenant, pour 100^{cm^3}, 1^g de NO_3K et $3^g,5$ de glucose (essai I) ou des doses variables d'azote ammoniacal et $1^g,1$ de glucose (essai II).

Les résultats sont exprimés en milligrammes pour 100^{cm^3} pour la somme $(B+A)$ du butanediol (B) et de l'acétoïne (A), pour le glucose et la matière sèche et en jours pour les durées d'incubation correspondantes. Les analyses ont été faites au moment où la somme $(B+A)$ atteint son maximum et à la fin de l'essai.

	Résultats correspondant au maximum de (B + A)				Résultats finaux	
	Durée de la culture (j).	Glucose restant.	(B + A).	Matière sèche des bacilles.	Durée de la culture (j).	(B + A)
			Essai I.			
1° Aération faible........	9	400	770	170	17	275
2° » moyenne.....	4	100	319	515	5	122
3° » forte.........	2	0	124	543	4	7
			Essai II.			
N pour 100^{cm^3} 69,1......	2	0	182	236	4	30
N pour 100^{cm^3} 14,6......	3	35	208	70	14	106
N pour 100^{cm^3} 5,9......	7	0	313	58 à 55	16	290

D'autre part, même avec une alimentation azotée et une aération suffisantes, les produits en C_4 s'accumulent s'il y a dans le milieu un excès de glucides (teneur initiale en saccharose : 10 à 20^g. pour 100^{cm^3}).

Ainsi, suivant qu'ils sont en quantités insuffisantes ou en excès, l'oxygène et l'azote assimilable provoquent soit l'accumulation du butanediol et de l'acétoïne soit leur utilisation dès que les glucides ont disparu.

En milieu minéral glucosé, *B. megatherium* produit très peu de butanediol et d'acétoïne. Mais si l'on ajoute ce glycol au milieu, il est à peine attaqué tant qu'il reste du glucose, alors qu'il est détruit ensuite complètement, ainsi que

l'acétoïne qui se forme transitoirement. Dans un milieu sans glucide, le butanediol peut être utilisé par ce bacille comme seule source de carbone. Dans les mêmes conditions, *B. polymyxa* qui donne beaucoup de ces composés en C_4, paraît incapable de les attaquer.

D'après ces essais, le butanediol et l'acétoïne apparaissent non pas comme des produits intermédiaires nécessaires de la glycolyse, mais comme des produits «latéraux» dérivant de produits intermédiaires. Leur non-toxicité rend leur accumulation dans le milieu inoffensive. Mais quand les conditions de la croissance microbienne restent favorables, et que les glucides ont disparu, ils peuvent les remplacer comme source de carbone et d'énergie.

Ainsi ces produits, dont l'ubiquité montre l'importance biologique, jouent, dans certains cas, le rôle de substances de réserves extracellulaires. Mais nos essais ne prouvent pas que ce rôle soit unique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques de l'alanine, de la valine, de la leucine et de l'isoleucine comme source de carbone pour diverses bactéries* (1), (2). Note (*) de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous publions cette Note pour fixer dès maintenant certains points d'une étude générale sur l'isomérie.

Nous avons utilisé notre milieu synthétique habituel (3), (4) dans lequel la source carbonée était constituée par l'un des antipodes optiques des amino-acides figurant au titre de la présente Note (huit combinaisons).

Nous donnons ci-après un tableau résumant les résultats de nombreuses expériences réalisées chacune avec diverses souches de plusieurs espèces microbiennes. Étuve 37°C.

Plusieurs cas se présentent :

A. Les espèces 1, 2, 3, 4 utilisent (mais avec des vitesses décroissantes) *l*(+) alanine, *l*(—) alanine et *l*(—) leucine.

B. Les espèces 6, 7, 8, 9 utilisent (avec des vitesses décroissantes) *l*(+) alanine et *l*(—) alanine, et seulement ces deux antipodes.

C. Les espèces 10, 11, 12, 13, 14 n'utilisent aucun des corps étudiés.

D. L'espèce 5 (pyocyanique) utilise avec des vitesses décroissantes les deux antipodes de l'alanine et de la valine.

Aucune espèce envisagée n'utilise les antipodes de la valine (sauf 5), ceux de l'isoleucine et l'antipode droit de la leucine.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) Produits de la Maison Hoffmann-Laroche, Paris.

(2) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(3) J. Nicolle, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 482.

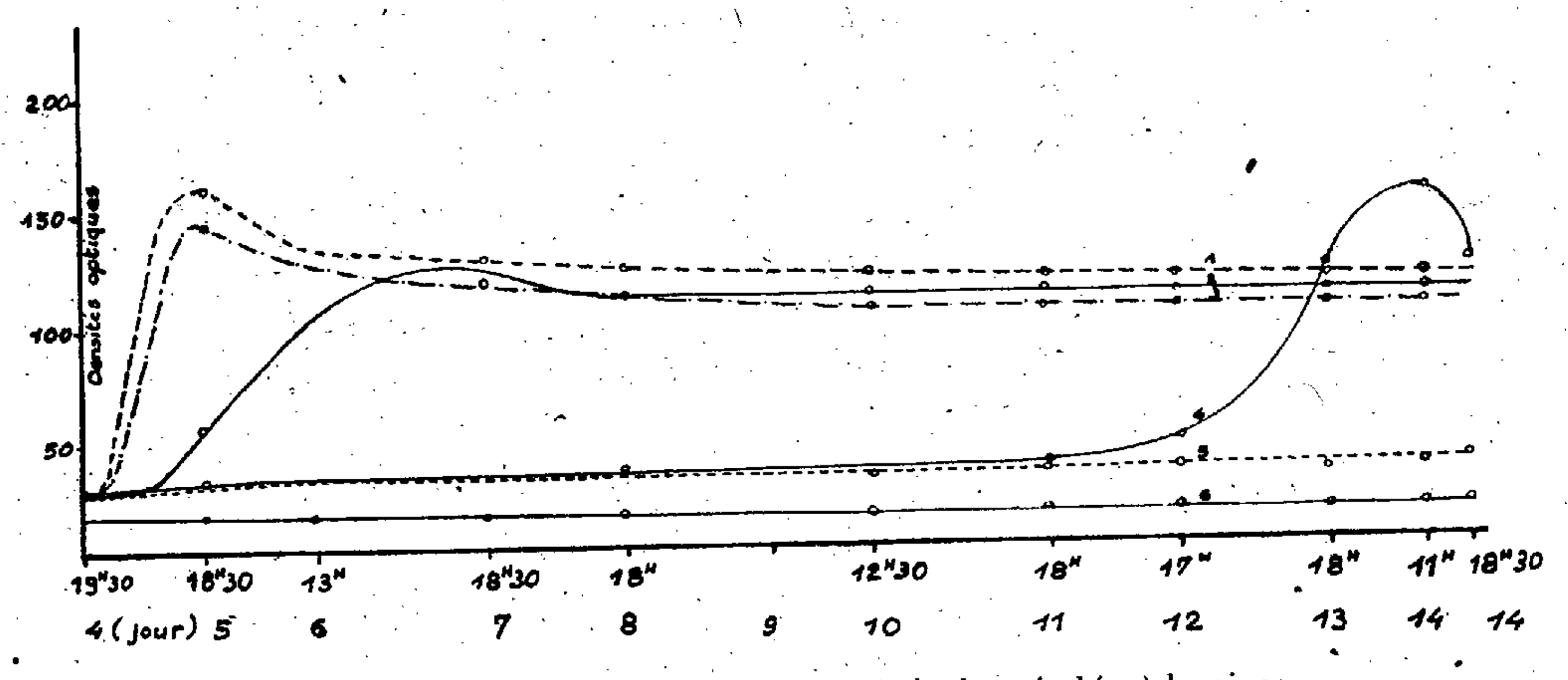
(4) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

	Sources de carbone (*).							
	Alanine.		Valine.		Leucine.		Isoleucine.	
Espèces bactériennes.	l(+).	l(—).	l(+).	l(—).	l(—).	l(+).	l(+).	l(—).
1. Typhi murium..	+ 22	+ 65	—	—	+228	—	—	—
2. E. Coli.........	+ 96	+144	—	—	+264	—	—	—
3. Gärtner........	+ 48	+120	—	—	+125	—	o	o
4. Paratyphique B.	+192	+216	—	—	+220	—	—	—
5. Pyocyanique....	+ 48	+ 72	+168	+192	o	o	o	o
6. Friedländer.....	+ 72	+ 80	—	—	—	—	—	—
7. Subtilis........	+192	+205	—	—	o	o	o	o
8. Protéus.........	+ 48	+ 96	—	—	—	—	—	—
9. Morgan II......	+144	+168	—	—	o	o	o	o
10. Morgan I.......	—	—	—	—	o	o	o	o
11. Paratyphique A..	—	—	—	—	—	—	—	—
12. Eberth.........	—	—	—	—	—	—	—	—
13. Flexner........	—	—	—	—	o	o	o	o
14. Shiga..........	—	—	—	—	o	o	o	o

Nota. — + indique une croissance totale et le chiffre placé à droite, le nombre d'heures pour l'atteindre. — indique qu'il n'a pas été constaté de croissance. o indique qu'il n'y a pas eu d'expérience réalisée dans ce cas.

(*) Dans chaque colonne, l'antipode naturel est inscrit en premier.

Nous donnons ici les courbes comparatives de croissance d'une souche de *Typhi murium* Danitz avec les sources de carbone indiquées. Mesures des densités optiques en raie verte à l'électrophotomètre Meunier. Ces courbes précisent l'allure des phénomènes.



4, *d*-glucose; 2, *l* (—) alanine; 3, *l* (+) alanine; 4, *l* (—) leucine;
5, milieu sans source de carbone; 6, eau bidistillée.

II. Nous avons vu que les amino-acides tels que *l*(+) leucine par exemple ne sont pas utilisés comme sources de carbone. Nous avions pensé depuis longtemps à rechercher si ces corps n'avaient pas une action empêchante. Nous avons depuis peu entrepris des études à ce sujet et il semble d'après les premiers

résultats que dans certaines proportions [quand le rapport $l(+)$ leucine à la source carbonée utilisée est supérieur à l'unité] une action empêchant la croissance se manifeste et que l'on peut même arriver à interdire complètement toute croisssance.

Nous espérons donner prochainement des résultats plus précis dans ce sens et également présenter l'utilisation des amino-acides objet de cette Note comme source d'azote et aussi de carbone et d'azote (5).

Conclusions. — 1° Certaines espèces bactériennes utilisent les deux antipodes d'un même corps mais avec des vitesses différentes; 2° d'autres n'utilisent que l'un des antipodes; 3° certains corps sont utilisés par des espèces et non par d'autres; 4° certains antipodes non utilisés semblent avoir une action empêchante; 5° dans tous les cas la vitesse d'utilisation est plus grande pour l'antipode naturel que pour l'autre.

MÉDECINE. — *Résultats statistiques de la réaction sérologique de diagnostic du cancer.* Note de MM. **Max Aron**, **René Fontaine** et **Paul Buck**, présentée par M. René Leriche.

Depuis de longues années, l'un de nous (M. Aron) a consacré de nombreuses publications à la mise au point d'une réaction sérologique de diagnostic du cancer, dont on trouvera la description détaillée dans ses travaux antérieurs.

Pour éprouver la valeur pratique de cette méthode nous avons procédé comme suit :

Des échantillons de sang furent prélevés sur des malades de la Clinique Chirurgicale A de Strasbourg, atteints d'affections diverses, néoplasiques et autres. Ces échantillons furent confiés à l'auteur de la méthode sans aucun renseignement autre qu'un simple numéro d'ordre. Après 107 examens successifs, nous avons procédé au dépouillement de nos observations :

En voici les résultats :

Les 107 analyses faites appartenaient à 102 malades parmi lesquels :

	Malades.	Analyses.
Affections cancéreuses diverses.....	34	39
» non cancéreuses diverses.	68	68
Totaux........	102	107

A. Parmi les 39 *réactions faites sur 34 cancéreux* nous avons obtenu :

	%
34 réactions franchement positives...........	85,3
2 réactions douteuses mais plutôt positives...	5,9
1 réaction douteuse mais plutôt négative.....	2,5
2 réactions négatives........................	5,9

(5) J. Nicolle, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 862.

Ce qui fait, en ajoutant aux cas franchement positifs ceux où la réaction demeura douteuse, mais plutôt positive, approximativement 91 % de résultats exacts.

Voyons maintenant la contre-épreuve :

B. 68 *réactions faites sur autant de malades souffrant d'affections indiscutablement non cancéreuses, nous ont donné :*

61 réactions négatives..........	92,4 %	1 réact. douteuse, plutôt positive.	1,5 %
2 réactions douteuses.........	3,0	2 réactions positives.............	3,0 (¹)

En somme, sur une série de 102 malades, choisis en toute indépendance par les deux chirurgiens signataires de cette Note, et soumis par eux à un contrôle diagnostique, opératoire et anatomopathologique, minutieux, 107 réactions sérologiques de diagnostic du cancer, faites par l'auteur de la méthode lui-même tenu dans l'ignorance du diagnostic clinique, que nous avons enregistré :

Pour les affections cancéreuses..........	85,3 %	de réponses	exactes
	5,9	»	erronées.
et pour les affections non cancéreuses......	92,4 %	»	exactes
	3	»	erronées.

Nous pensons que ces chiffres, particulièrement favorables, témoignent de l'intérêt qui s'attache à cette méthode et pensons que celle-ci mériterait d'être contrôlée sur une plus large échelle.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h50m.

L. B.

(¹) On trouvera les détails de cette statistique dans un article sous presse de la *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1948.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Edward Hindle**, Membre de la « Royal Society », qui assiste à la séance.

Au nom de la Commission des Éditions scientifiques, M. le **Président** donne lecture du vœu suivant relatif à la publication des ouvrages scientifiques français qui, adopté par l'Académie en Comité secret le 28 juin 1948, a été soumis aux pouvoirs publics :

« L'Académie des Sciences,

préoccupée des difficultés que rencontre la publication des ouvrages scientifiques français et du retard apporté à la publication de beaucoup d'entre eux, attire l'attention :

a. des *éditeurs et imprimeurs* sur la nécessité des aménagements et des améliorations techniques qui conduiraient à une plus rapide réalisation de certains ouvrages;

b. des *grands groupements professionnels* sur l'urgence qu'il y aurait à ce qu'ils veuillent bien soutenir l'expression de la pensée scientifique française;

c. des *grands Services de l'État* sur l'opportunité de leur appui pour l'amélioration des conditions matérielles d'exploitation des imprimeries, la formation des apprentis, éventuellement le financement de certains travaux d'édition. »

M. **Albert Pérard**, l'un des délégués de l'Académie à l'Assemblée de l'**Union Internationale de Physique Pure et Appliquée** qui s'est tenue à Amsterdam du 8 au 11 juillet, rend compte des travaux accomplis à cette Assemblée.

Notice nécrologique sur D. N. PRIANICHNIKOV,
par M. ALBERT DEMOLON.

C'est tardivement et indirectement que nous avons appris la mort le 30 avril dernier de Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov que l'Académie avait élu comme correspondant pour sa section d'Économie rurale en novembre 1946.

La plupart d'entre nous ont encore présents à la mémoire les titres de ce savant qui laisse une œuvre considérable dans le domaine de la chimie agricole. Pendant plus d'un demi-siècle, entouré d'une pléiade d'élèves enthousiastes, Prianichnikov poursuivit à l'Institut Timiriazeff de Moscou, avec une méthode et une continuité remarquable, un ensemble d'études qui le classent parmi les grands agronomes contemporains. L'Académie des Sciences d'U. R. S. S. l'avait depuis longtemps appelé à elle et récemment le Gouvernement lui avait attribué sa plus haute distinction, la croix de *héros du travail*.

Au début de sa carrière, à la fin du siècle dernier, Prianichnikov avait travaillé en France, notamment à l'Institut Pasteur; il y avait subi l'influence de nos maîtres de la Chimie agricole; cette influence se reflète dans toute son œuvre. Il a d'ailleurs donné d'incontestables gages d'amitié à notre pays. Non seulement certains de ses travaux qu'il estimait particulièrement importants ont paru dans les *Comptes rendus* de l'Académie ou dans divers autres périodiques scientifiques de langue française, mais encore il a souvent mis en lumière le rôle de nos compatriotes qu'il considérait comme les fondateurs de la science agronomique. C'est ainsi que dans un article des *Izvestia* paru en 1936 et consacré à Boussingault, on le voit, dans un parallèle avec Liebig, opposer les découvertes expérimentales du premier aux *inductions romantiques* du second.

A la fois physiologiste et agronome, Prianichnikov associa toujours étroitement le laboratoire et le champ. En tant que physiologiste il utilisa et perfectionna la méthode de culture en solution constamment renouvelée que Schlœsing avait créée. En 1945 il pouvait encore nous montrer à l'Institut Timiriazeff une série de 4000 vases d'expériences destinés aux recherches diverses qu'il poursuivait en collaboration avec ses élèves. Prianichnikov s'est surtout attaché au mécanisme de la nutrition végétale. Sa thèse qui date de 1895 avait pour titre *Dégradation des matières azotées pendant la germination*; elle annonce l'intérêt que son auteur ne cessera de porter au rôle de l'azote. L'un des premiers il montra que les sels ammoniacaux constituent une excellente source d'azote pour la plante. En 1913 il donnait à la Revue générale de Botanique un mémoire sur *La synthèse des composés amidés aux dépens de l'ammoniaque absorbée par les racines*. Plus tard il précisa le rôle de l'absorption ionique élective; anion et cation ayant en général une vitesse de pénétration différente, il s'ensuit que, suivant le pH initial du milieu, un

même sel peut manifester une réaction physiologique acide, neutre ou alcaline. Signalons enfin que Prianichnikov a mis en évidence la possibilité d'une excrétion d'ammoniaque par les racines.

D'autres travaux ont porté sur la nutrition phosphatée. Nous ne rappellerons que ceux relatifs à la faculté qu'a le système radiculaire de certaines plantes, du Lupin en particulier, de solubiliser les phosphates naturels.

Lorsqu'on parcourt les 20 volumes renfermant l'exposé des recherches effectuées au laboratoire de Prianichnikov, on mesure l'ampleur de vues et l'activité de ce chef d'école à qui aucun grand problème de la chimie agricole ne demeura étranger. Ces travaux exercèrent une influence considérable sur le développement de l'industrie des engrais en U. R. S. S.

Prianichnikov laisse de nombreux ouvrages dont deux sont rapidement devenus classiques : un traité d'agrochimie qui eut quatre éditions et un autre intitulé *Cultures spéciales* qui fut traduit en allemand. En 1945 il avait consacré son dernier livre au rôle de l'azote dans la nutrition des végétaux.

Il est certain que le souvenir de ce maître de grand renom restera longtemps vivace dans son pays. Nous nous associons aux regrets laissés par la disparition d'un savant distingué qui, en raison de son œuvre scientifique et de ses affinités, avait rallié l'unanimité des suffrages de l'Académie.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'addition vectorielle d'une infinité dénombrable d'ensembles de mesure nulle.* Note de M. **Émile Borel.**

Les résultats énoncés dans ma Note précédente ([1]) sur l'addition vectorielle d'ensembles de mesure nulle non denses s'étendent sans difficulté, *dans le cas d'un nombre limité d'ensembles*, à des ensembles de mesure nulle denses dans tout l'intervalle 0 — 1. C'est ainsi que, pour les ensembles à définition numérique, on peut substituer à l'ensemble E des nombres décimaux qui s'écrivent avec les seuls chiffres 2, 5, 8, l'ensemble F des nombres décimaux dans lesquels les chiffres autres que 2, 5 et 8 ne figurent qu'un nombre fini de fois, ce nombre fini n'étant pas limité. Cet ensemble F est partout dense. Sa raréfaction logarithmique est la même que celle de l'ensemble E.

Il en est tout autrement lorsque l'on considère une infinité dénombrable d'ensembles E_n. Il est possible de définir une telle infinité dont la somme vectorielle est de mesure nulle, mais il est évident qu'il suffit d'ajouter à chacun des E_n le nombre 0 et un seul autre nombre a_n convenablement choisi, pour que la somme vectorielle des E_n comprenne tous les points de l'intervalle 0-1.

Désignant par $\log n$ le logarithme vulgaire de n (dont la partie entière augmentée de un est le nombre de chiffres de l'entier n), nous poserons

$$\log_2(n) = \log\log n; \qquad \log_{k+1} n = \log(\log_k n)$$

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 103.

(en convenant que ces fonctions sont égales à zéro lorsque la formule donne une valeur négative ou imaginaire) et nous définirons l'ensemble E_k comme l'ensemble des nombres décimaux illimités (inférieurs à un) dans lesquels *le nombre des chiffres significatifs* (différents de zéro) dont le rang après la virgule est inférieur à n, *est au plus égal à* $\log_k n$. Il est aisé de montrer que les E_k sont des ensembles de mesure nulle (ayant la puissance du continu) et que leur somme vectorielle est aussi de mesure nulle. Mais si l'on définissait les F_k par la condition que le nombre des chiffres significatifs de rang inférieur à n est au plus égal à $1+\log_k n$, chacun des F_k comprendrait le nombre zéro et tous les nombres décimaux comportant *un seul* chiffre significatif et, par suite, la somme vectorielle d'une infinité dénombrable quelconque des F_k comprendrait tous les points de l'intervalle 0-1.

On voit ainsi comment des propriétés asymptotiques fort intéressantes d'une infinité dénombrable d'ensembles peuvent être entièrement masquées par l'addition à chacun de ces ensembles d'une infinité dénombrable d'éléments, ou même d'*un seul* élément convenablement choisi, cet élément pouvant être parfois le nombre zéro. Cette remarque permettrait d'éclairer d'un jour nouveau les propriétés paradoxales de certains ensembles non mesurables qui peuvent être définis au moyen de l'axiome du choix.

D'une manière plus générale, dans toute étude portant sur une infinité dénombrable d'ensembles, on doit considérer à part le cas particulier où chacun des ensembles comprend un nombre fini d'éléments, auquel cas l'infinité dénombrable d'ensembles se réduit à un ensemble dénombrable. Les seules propriétés de l'infinité dénombrable d'ensembles qui soient vraiment intéressantes sont celles qui ne sont pas des propriétés banales des ensembles dénombrables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des systèmes de vecteurs généralisant les systèmes orthonormaux.* Note (*) de M. **Gaston Julia.**

On peut, de plusieurs manières, donner des propositions corrélatives de la proposition donnée dans ma précédente Note [1]. Dans son principe, cette Note étudie une propriété d'isométrie d'un opérateur linéaire A^*X, lorsque A^*X est défini par ses coordonnées covariantes. Corrélativement, on a des propriétés analogues lorsque AX est donné par des coordonnées contravariantes, et dans un problème mixte où interviennent à la fois les coordonnées contravariantes et covariantes de X relativement à un système (A_k).

1. Dans un espace unitaire E_n à n dimensions, q vecteurs, $(q \leq n)$, $A_1, \ldots, A_q$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1485-1487.

ne peuvent satisfaire à la condition d'isométrie

$$\left|\sum^{q} x_k A_k\right|^2 = \sum^{q} |x_k|^2, \tag{1}$$

quels que soient les nombres complexes x_k, que si les A_k sont un système ON de E_n. *Pour $q=n$, la propriété* (1) *caractérise les systèmes* ONC. Pour $q>n$, la condition (1) ne peut être réalisée pour tous les (x_k) possibles car, les A_x étant indépendants, il existe des (x_k) non tous nuls tels que $\sum^{q} x_k A_k = 0$. Mais l'analogie avec la Note signalée ci-dessus suggère le problème corrélatif suivant.

2. Soient $A_1, \ldots, A_{n+p}$ des vecteurs de E_n, dont *n sont indépendants*. Les déterminer de façon que

$$\left|\sum^{n+p} x_k A_k\right|^2 = \sum^{n+p} |x_k|^2 \tag{2}$$

pour tous les x_k complexes vérifiant p relations linéaires indépendantes.

Dans un espace E_{n+p}, à $n+p$ dimensions, contenant E_n, et de base ONC(e_k), $(k=1, 2, \ldots, n+p)$, le problème revient à déterminer $n+p$ vecteurs A_k, sous-tendant E_n, et tels que, $X=\Sigma x_k e_k$ décrivant un sous-espace V à n dimensions, on ait $|\Sigma x_k A_k| = |X|$. On peut toujours choisir la base (e_k) de façon que les p relations entre les x_k déterminent précisément E_n : $V = E_n = [A_1, \ldots, A_{n+p}]$.

Considérons l'opérateur linéaire A défini, dans E_{n+p}, par $AX = \sum^{n+p} x_k A_k$, les x_k nombres complexes quelconques. Par hypothèse A *conserve isométriquement* $V = E_n$. La variété V_0 des zéros de A est à p dimensions, évidemment *disjointe de* V. U étant un opérateur unitaire de E_{n+p} convenable (tel que $U^\star$ réalise la même transformation de V que A), UA conservera chaque point de V et s'annulera sur V_0 : UA est égal à 1 sur V, à 0 sur V_0. C'est donc la projection, *orthogonale ou oblique*, sur V *parallèlement à* V_0. $UA = P$ donne $A = U^\star P = P_1 U^\star$, P_1 étant la projection sur V *parallèlement à* $V_1 = U^\star(V_0)$. Les $A_k = Ae_k = P_1 U^\star(e_k)$ sont donc les *projections sur* E_n, *parallèlement à* V_1, *de la base* ONC$e'_k = U^\star(e_k)$ de E_{n+p}. Cette propriété *caractérise toutes les solutions* du problème posé, car la *réciproque est immédiate*. Supposons, en effet, $A_k = P_0 e'_k$, P_0 projection de E_{n+p} sur $V = E_n$, parallèlement à V_1 (disjointe de V et à p dimensions mais par ailleurs quelconque) : pour tout $X = \sum^{n+p} x_k e'_k$ de E_{n+p} on aura $\sum^{n+p} x_k A_k = P_0 X$, et pour tout $X \in V$, $P_0 X = X$, d'où s'ensuit, dans tout V, la propriété d'isométrie $|X| = |\Sigma x_k A_k|$.

3. Un cas mixte a été étudié par M. Hadwiger [2] sous une autre forme. Il

[2] *Commentarii Mathematici Helvetici*, 13, 1940-1941, p. 90-107.

consiste à *déterminer tous les systèmes* A_k $(k=1, 2, \ldots, n+p)$ *de* E_n *tels que*

$$X = \sum^{n+p} (A_k, X) A_k \tag{3}$$

pour tout $X \in E_n$. Donnons des résultats de M. Hadwiger une autre démonstration, qui les explique, et les relie à ceux donnés dans la Note (1). (e_k) étant une base ONC de E_{n+p} contenant E_n et A l'opérateur linéaire défini dans E_{n+p} par $A_k = Ae_k$, l'opérateur hermitien $TX = \sum^{n+p}(A_k, X)A_k$ n'est autre que AA^*, car $A^*X = \Sigma(A_k, X)e_k$. A^* et AA^* étant nuls sur $E_p = E_{n+p} \ominus E_n$, la relation (3) exige que T soit nul sur E_p, égal à 1 sur E_n, donc $AA^* = P$, P *projection orthogonale sur* E_n. On en déduit aisément $A^* = U^*P$ (U^* unitaire de E_{n+p}) et $A = PU$; *les* $A_k = PUe_k$ *sont donc les projections orthogonales sur* E_n *du système* ONC $e'_k = Ue_k$ *de* E_{n+p}. La réciproque est évidente, car pour $X \in E_n$, on a alors $(A_k, X) = (e'_k, X)$ et $\Sigma(A_k, X)A_k = P\,\Sigma(e'_k, X)e'_k = PX = X$. D'autre part, (3) entraîne, pour $X \in E_n$, (4), $(X, X) = \Sigma|(A_k, X)|^2$, qui est la relation exigée de A_k dans notre Note (1); réciproquement, la relation

$$(X, TX) = (X, X) \tag{4}$$

vérifiée dans E_n, sous-espace de E_{n+p}, entraîne, par un raisonnement classique, $T=1$ dans E_n, c'est-à-dire (3); le problème de M. Hadwiger équivaut au problème d'isométrie étudié dans la Note (1). Enfin, suivant une idée de M. E. Stiefel (3), M. Hadwiger montre que les A_k, solutions du problème qu'il envisage, sont aussi ceux pour lesquels la matrice de Gram $\|(A_i, A_k)\|$ n'admet que les valeurs propres 0 et 1 (condition nécessaire et suffisante). Cela résulte immédiatement de notre démonstration, car la matrice de Gram est identique à celle de A^*A, laquelle admet les mêmes valeurs propres que $AA^* = P$, c'est-à-dire 0 et 1 (avec les ordres de multiplicité respectifs p et n).

4. Nous ferons ultérieurement l'extension des propriétés précédentes à l'espace hilbertien.

BOTANIQUE. — *Une plante remarquable disparue* (Humbertia madagascariensis *Lamk.*) *et d'autres espèces menacées de disparition. Urgence d'une protection efficace de la nature.* Note (*) de M. **Auguste Chevalier.**

En 1786, Lamarck décrivait dans l'*Encyclopédie botanique* (2, p. 356), sous le nom d'*Humbertia* (nom emprunté à Commerson) un remarquable genre végétal monotypique, endémique de Madagascar. Presque tous les auteurs

(3) *Ibid.*, 10, 1937-1938, p. 208-225.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

ont classé ce genre dans les Convolvulacées, H. Baillon, au contraire, en a fait une Solanacée. Depuis plus d'un siècle les botanistes recherchent sa place dans la classification, mais ils manquent de documents pour en fixer la position. A.-Laurent de Jussieu en a fait le g. *Endrachium* (1789), J. F. Gmelin le g. *Smithia* (1791); Smith le g. *Thouinia* (1789). Ces quatre genres basés sur les mêmes spécimens sont synonymes. Hallier f., en 1893, plaçait le g. *Humbertia* dans la tribu des *Erycibeæ* caractérisée par le g. *Erycibe*, Roxb. de l'Inde, mais les *Erycibe* sont bien des Convolvulacées.

M. Pichon, du laboratoire de Phanérogamie du Muséum de Paris, dans une Note intéressante (*Notulæ systematicæ*, XIII, juin 1947) vient de montrer que le g. *Humbertia* n'ayant pas de liber interne ne peut être une Convolvulacée; ce ne peut être non plus une Solanacée. Il propose donc d'en faire une famille à part, celle des *Humbertaciées* ne comprenant qu'un unique genre et une seule espèce. L'embryon de l'*Humbertia* n'est pas connu et il est impossible de fixer les affinités de la famille. Hélas, il est peu probable qu'on soit jamais éclairé à cet égard. *H. madagascariensis* est en effet une espèce probablement disparue. L'herbier du Museum en possède quatre exemplaires, un venant d'Étienne de Flacourt qui explora Madagascar vers 1650 et publia l'*Histoire de la Grande Ile* en 1658, un de Philippe Commerson qui étudia la flore de Madagascar et y herborisa en 1770, un de Bojer récolté au début du XIX[e] siècle, enfin un d'origine anonyme de la même époque (avec fleurs et fruits). Depuis, aucun collecteur ne l'a plus retrouvé, H. Perrier de la Bâthie dit avoir recherché sans succès l'*Humbertia* tout spécialement, notamment dans les forêts de l'Est que son port semble lui assigner pour habitat. En vain. La forêt détruite par les feux de brousse est réduite actuellement à des îlots épars et plusieurs autres espèces de phanérogames peuvent être considérées aussi comme disparues ([1]).

L'*Humbertia* n'était pourtant pas une plante sans intérêt au point de vue des services qu'elle pouvait rendre.

On sait, d'après les notes de Flacourt, rapportées par Pichon, que c'était un gros et grand arbre, au bois incorruptible, jaune et dur et pesant comme le fer, sentant comme le Santal citrin. Or, le Santal citrin (*Santalum album* L.) ou Santal de Mysore est une plante des Indes orientales devenue très rare et qui aurait probablement disparu si le Service forestier des Indes n'en avait commencé la culture depuis près d'un siècle. On sait l'intérêt du Santal en médecine et en ébénisterie fine.

Il existe deux plantes de la famille des Convolvulacées, donnant également un bois parfumé, le Bois de rose des Canaries (*Rhodorhiza scoparia* W. et B.

([1]) Au moment de la correction des épreuves M. Pichon m'informe que quelques exemplaires d'*Humbertia* viennent d'être découverts aux environs de Fort-Dauphin par M. H. Humbert.

et *R. virgata* W. et B.) en voie de disparition parce que saccagées pour la distillation. Dès 1908, J. Pitard constatait que, bien que vivant dans des rochers quasi inaccessibles, à Ténériffe et à la Grande Canarie, elles étaient devenues rarissimes et elles avaient disparu des localités où des botanistes les avaient observées cinquante ou cent ans plus tôt. Nous avons montré ([2]) le vrai Bois de rose, que cette plante en voie de disparition fournissait, le Bois de rose de l'Antiquité que l'on brûlait dans les temples.

De même le Bois de rose, du Mexique ou Linaloë (*Bursera delpechiana* Poisson), était presque entièrement disparu il y a environ cinquante ans par suite d'une exploitation irraisonnée. Le *Silphium* des Anciens qui se vendait au poids de l'or chez les Grecs et chez les Romains et venant de l'Afrique du Nord, avait déjà disparu du temps de Pline ([3]).

Tous ces exemples montrent combien il est devenu nécessaire d'organiser la protection de la nature, afin de préserver de la disparition complète des espèces animales ou végétales qui non seulement constituent des *existences* (au sens que Michel Adanson donnait à ce terme dès 1763) ayant leur rôle à jouer dans l'harmonie de la nature, mais qui peuvent être aussi d'une grande utilité pour l'homme. Il en est même sans doute dont les propriétés anthropoïques, c'est-à-dire utilitaires pour l'humanité, ne se sont pas encore révélées.

M. **Waclaw Sierpinski** fait hommage à l'Académie d'une série de Notes relatives à ses travaux de mathématique.

M. **Théodore Monod** fait hommage à l'Académie d'une brochure émanant de l'Institut français d'Afrique Noire, publiée par ses soins et intitulée *Conseils aux chercheurs*.

M. **Maurice Bouly de Lesdain** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Écologie* (*Phanérogames, mousses, lichens*) *de quelques sites de Paris*.

M. **Julian Huxley** fait hommage à l'Académie d'une collection des Ouvrages qu'il a publiés : *L'Homme, cet être unique; Essais d'un biologiste; Nous Européens* (en collaboration avec MM. A. C. Haddon et Alexander Morris Carr-Saunders); *Scientific Research and social needs; Évolution, The Modern Synthesis; Problems of relative Growth; Man in the modern World; Évolution and ethics* 1893-1945 (en collaboration avec M. T. H. Huxley); *TVA, adventure in planning; On living in a revolution*.

([2]) *Revue de botanique appliquée*, **13**, p. 347.
([3]) *Revue de botanique appliquée*, **26**, p. 72.

DESIGNATION.

M. **Philibert Guinier** est adjoint à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie à la Conférence constitutive de l'**Union Internationale pour la protection de la Nature**, qui aura lieu à Fontainebleau, du 30 septembre au 7 octobre 1948.

PLIS CACHETÉS.

M. **Pierre Lapostolle** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 décembre 1947 et enregistré sous le n° 12.366.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé *Électronique, Méthode expérimentale pour l'essai* a priori *des lignes à retards pour amplificateur à ondes progressives.*

(Renvoi à l'examen de M. Louis de Broglie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Frédéric Riesz**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Robert Hardouin. *La vie des Abeilles solitaires.*

2° Solange Duplaix. *Détermination microscopique des minéraux des sables.* Préface de M. Jacques Bourcart.

3° *Murex Review*, published by Murex Ltd. Rainham, Essex. Volume 1, n° 1.

4° Bureau d'études géologiques et minières coloniales. *Carte géologique internationale de l'Afrique.* Feuille 2 (présentée par M. Charles Jacob).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Structure des points unis des involutions cycliques appartenant à une surface algébrique.* Note (*) de M. **Lucien Godeaux**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit F une surface algébrique contenant une involution cyclique I_p d'ordre premier p. On peut prendre, comme modèle projectif de la surface F, une surface normale d'ordre pn, de S_r, sur laquelle I_p est déterminée par une

(*) Séance du 12 juillet 1948.

homographie cyclique H possédant p axes ponctuels $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_{p-1}$, dont le premier seul rencontre F et détermine sur celle-ci les points unis de I_p (¹). Si ε est une racine primitive d'ordre p de l'unité, on attache aux axes $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_{p-1}$ de H les quantités $1, \varepsilon, \varepsilon^2, \ldots, \varepsilon^{p-1}$, invariants projectifs de H. On désigne par $|C_i|$ le système de courbes découpé sur F par les hyperplans de S_r passant par $\sigma_0, \ldots, \sigma_{i-1}, \sigma_{i+1}, \ldots, \sigma_{p-1}$. $|C_0|$ est dépourvu de points-base.

Soit A un point uni non parfait de I_p. Le plan tangent α à F en A est uni pour H et s'appuie en un point sur deux axes de H; on peut toujours supposer que ces axes sont σ_1 et σ_τ. Soient a_1, a_τ les tangentes à F en A s'appuyant sur σ_1, σ_τ.

Appelons C'_0 les courbes C_0 passant par A; elles ont la multiplicité $\rho_1 < p$ en A, les tangentes étant confondues avec a_1, a_τ. Appelons C''_0 les courbes C'_0 assujetties à toucher en A une droite de α distincte de a_1, a_τ; elles ont en A soit la multiplicité $\rho_2 < p$, les tangentes étant confondues avec a_1, a_τ, soit la multiplicité p, les tangentes étant variables. Dans le premier cas, on appellera C'''_0 les courbes C''_0 touchant en A une droite distincte de a_1, a_τ, et ainsi de suite. Déterminer la structure du point uni A équivaut à déterminer le comportement des courbes $C'_0, C''_0, \ldots$ en A.

Les courbes C_1 ont un point simple en A et y touchent la droite a_τ; les courbes C_τ ont un point simple en A et y touchent a_1.

Soient λ, μ deux entiers positifs satisfaisant à

$$(1) \qquad \lambda + \tau\mu \equiv 0 \pmod{p}, \qquad \lambda + \mu < p.$$

Les courbes $\lambda C_1 + \mu C_\tau$ ont la même multiplicité en A que les courbes de l'un des systèmes $|C'_0|, |C''_0|, \ldots$. Réciproquement, si les courbes $C_0^{(k)}$ ont la multiplicité $\lambda + \mu$ en A, λ tangentes coïncident avec a_τ et μ avec a_1, les entiers λ, μ satisfont aux conditions (1).

Les courbes $C_0^{(x)}$ ont en commun au moins deux suites de points fixes, infiniment voisins successifs de A; ces points sont unis non parfaits pour I_p, sauf les derniers de chaque suite qui sont unis parfaits. Ces différentes suites appartiennent à des branches des courbes $C_0^{(x)}$, d'origine A, tangentes à a_1 ou à a_τ. Une courbe C_1 et une courbe C_τ rencontrent chacune une courbe $C_0^{(x)}$ en p points réunis en A.

La détermination des suites de points est basée sur la remarque suivante : Soient P_1, P_2, P_3 trois points consécutifs d'une suite, s_1, s_2, s_3 leurs multiplicités pour les courbes $C_0^{(x)}$. On a $s_1 \geqq s_2 \geqq s_3$. Si $s_1 > s_2$, les courbes $C_0^{(x)}$ ont en commun un certain nombre de points infiniment voisins successifs de P_2, dont

(¹) *Voir* notre exposé sur *Les involutions cycliques appartenant à une surface algébrique* (Paris, 1935). *Voir* aussi deux mémoires parus dans les Mémoires in-8° de l'Académie de Belgique, 1938 et dans les *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 1938.

le premier P'_2 est distinct de P_3; la somme des multiplicités de ces points est égale à $s_1 - s_2$ et la multiplicité de P'_2 est au plus égale à $s_2 - s_3$.

Pour chaque valeur de p et de τ, on peut ainsi déterminer la structure du point uni A.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les jets supersoniques plans.*

Note (*) de M. **Frédéric Zerner**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Si, après avoir appliqué la transformation de Legendre à l'équation du potentiel de vitesse d'un fluide compressible, on introduit les caractéristiques de la nouvelle équation comme coordonnées, on obtient

$$(1)\qquad u = f\left(\frac{\lambda+\mu}{2}\right)\cos\frac{\lambda-\mu}{2},\qquad v = f\left(\frac{\lambda+\mu}{2}\right)\sin\frac{\lambda-\mu}{2},\qquad x = \frac{\partial\chi}{\partial u},\qquad y = \frac{\partial\chi}{\partial v}.$$

$$(2)\qquad \frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu} = \mathcal{F}(\lambda+\mu)\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right),$$

où les fonctions $f[(\lambda+\mu)/2]$ et $\mathcal{F}(\lambda+\mu)$ sont connues.

La surface libre, où $u^2+v^2 = \text{const.}$, est alors représentée par la droite $\lambda+\mu = \text{const.}$ et la condition sur cette limite du régime demande qu'elle soit une ligne de courant

$$\frac{dy}{dx} = \frac{v}{u} = \operatorname{tg}\frac{\lambda-\mu}{2} = \frac{\left\{\begin{aligned}&\left[f\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)-f'\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}-\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)\right]\sin\frac{\lambda-\mu}{2}\\ &\quad+\left[f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)\right]\cos\frac{\lambda-\mu}{2}\end{aligned}\right\}}{\left\{\begin{aligned}&\left[f\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right)-f'\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}-\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)\right]\cos\frac{\lambda-\mu}{2}\\ &\quad-\left[f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial\chi^2}{\partial\mu^2}\right)\right]\sin\frac{\lambda-\mu}{2}\end{aligned}\right\}},$$

$$(3)\qquad f\left(\frac{\partial\chi}{\partial\lambda}+\frac{\partial\chi}{\partial\mu}\right)+f'\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda^2}-2\frac{\partial^2\chi}{\partial\lambda\,\partial\mu}+\frac{\partial^2\chi}{\partial\mu^2}\right) = \sigma;$$

$$(4)\qquad \frac{\partial^2\chi}{\partial m^2} = -\frac{f}{2f'}\frac{\partial\chi}{\partial l}\qquad\text{avec}\quad \lambda+\mu = l,\quad \lambda-\mu = m$$

et par intégration le long de $\lambda+\mu = l = \text{const.}$

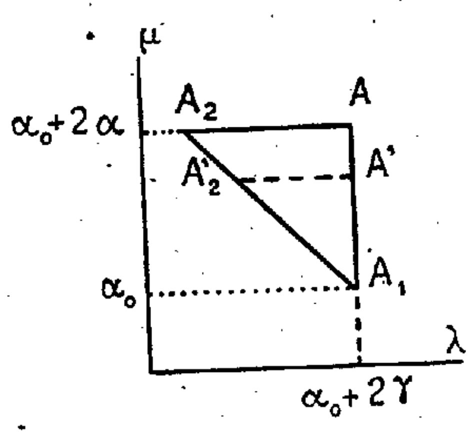
$$(4^{bis})\qquad \left(\frac{\partial\chi}{\partial m}\right)_2-\left(\frac{\partial\chi}{\partial m}\right)_1 = -\frac{f^2}{2f'}\int_1^2\frac{\partial\chi}{\partial l}\,dm.$$

2. L'équation (1) étant hyperbolique, son intégration se fait dans des domaines découpés par des caractéristiques. De ces domaines il y en a qui ne sont limités que par des caractéristiques. Le régime étant donné à la sortie du jet, on y retrouve un problème classique. Les autres sont du type représenté dans la figure à savoir limités de la surface libre et de deux caractéristiques, χ étant donnée sur l'une des deux $(\lambda = \alpha_0 + 2\gamma)$. Pour déterminer χ sur la

(*) Séance du 21 juin 1948.

surface libre, nous appliquons d'abord la méthode des approximations successives

$$(5)\quad \begin{cases} \chi = \sum_0^\infty n\chi_n(\lambda, \mu), & \text{sur } \lambda = \alpha_0 + 2\mu: \quad \chi_0 = g(\mu), \quad \chi_n = 0 \quad (n \geqq 1), \\ \dfrac{\partial^2\chi_n}{\partial\lambda\,\partial\mu} = \mathcal{F}(\lambda+\mu)\left(\dfrac{\partial\chi_{n-1}}{\partial\lambda} + \dfrac{\partial\chi_{n-1}}{\partial\mu}\right) = G_n(\lambda, \mu), & G_0(\lambda, \mu) = 0, \end{cases}$$



Pour déterminer χ_n en A'_2, nous intégrons (5) sur le triangle $A_1A'A'_2$

$$\iint_{A_1A'A'_2} \frac{\partial^2\chi_n}{\partial\lambda\,\partial\mu} = \chi_n(A') - \chi_n(A_1) + \int_{A'_2}^{A_1} \frac{\partial\chi_n}{\partial\mu}\,d\mu = \iint_{A_1A'A'_2} G_n(\lambda, \mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

$$\frac{1}{2}\int_{A_1}^{A_2}\left(\frac{\partial\chi_n}{\partial e} - \frac{\partial\chi_n}{\partial m}\right)dm = \chi_n(A_1) - \chi_n(A') + \iint_{A_1A'A'_2} G_n(\lambda, \mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

à quoi s'ajoute (4 *bis*) et $\chi_n(A'_2) = \chi_n(A_1) + \int_{A_1}^{A} \frac{\partial\chi_n}{\partial m}\,dm$. Tous les termes variables étant des fonctions de A'_2, donc de m, nous obtenons

$$\frac{1}{2}\chi_n + \frac{f'}{2f}\frac{d\chi_n}{dm} + \frac{1}{2}\chi_n(A_1) - \frac{f'}{f}\left(\frac{\partial\chi_n}{\partial m}\right)_{A_1} - \chi_n(A') + \iint_{A_1A'A'_2} G_n(\lambda, \mu)\,d\lambda\,d\mu,$$

équation qui permet de déterminer χ_n sur le segment A_2A_1. Tous les coefficients étant bornés, χ_0 l'est aussi, ainsi que ses deux premières dérivées par rapport à m, et l'on peut, tout comme dans les cas classiques, construire une majorante convergente pour $\Sigma\chi_n$, $\Sigma(\partial\chi_n/\partial m)$, $\Sigma(\partial\chi_n/\partial l) = -(2f'/f)\ \Sigma(\partial^2\chi_n/\partial m)$. Le problème est ainsi réduit au problème de Cauchy, seulement, comme nous connaissons aussi χ_n sur $\lambda = \alpha_0 + 2\gamma$, il semble surdéterminé. Cependant, en écrivant les équations déterminant χ_n dans un point A'' du domaine et en rapprochant ce point de A', on obtient la même équation qu'avant, donc les valeurs de χ_n prescrites en A'.

5. On peut également appliquer la méthode de Riemann. Soit v la fonction de Riemann. Le théorème de Green conduit alors à

$$\chi_{A'} = \frac{1}{2}[(v\chi)_{A'_2} + (v\chi)_{A_1}] + \int_{A_1}^{A'_2} \mathcal{F}(\lambda+\mu)v\chi(d\mu - d\lambda)$$
$$+ \frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_2} v\left(\frac{\partial\chi}{\partial\mu}d\mu - \frac{\partial\chi}{\partial\lambda}\right)d\lambda + \frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_2} \chi\left(\frac{\partial v}{\partial\lambda}d\lambda - \frac{\partial v}{\partial\mu}d\mu\right).$$

Les intégrales étant prises le long de $\lambda + \mu = l = \lambda_1 + \mu_0$, changeons les variables comme avant

$$(v\chi)_{A'_2} = 2\chi_{A'} - (v\chi)_{A_1} + 2\mathcal{F}(l)\int_{A_1}^{A'_2} v\chi\, dm - \frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_2} v\frac{\partial\chi}{\partial l}\, dm + \frac{1}{2}\int_{A_1}^{A'_2} \chi\frac{\partial v}{\partial l}\, dm.$$

A l'aide de (4) nous changeons $\int_{A_1}^{A'_2} v\frac{\partial\chi}{\partial l}\, dm$ en $-\frac{2f'}{f}\int_{A_1}^{A'_2} v\frac{\partial^2\chi}{\partial m^2}\, dm$ et, en intégrant deux fois partiellement, nous obtenons l'équation intégro-différentielle

$$\left(v - \frac{2f'}{f}\frac{\partial v}{\partial m}\right)\chi + \frac{2f'}{f} v\frac{d\chi}{dm} = \left[\frac{2f'}{f} v\frac{\partial\chi}{\partial m} - \chi\frac{\partial v}{\partial m} - v\chi\right]_{A_1} + 2\chi_{A'}$$
$$+ \int_{A_1}^{A'_2}\left[2\mathcal{F}(l)v - \frac{\partial v}{\partial l} - \frac{2f'}{f}\frac{\partial^2 v}{\partial m^2}\right]\chi\, dm,$$

χ et $\partial\chi/\partial m$ étant données à A_1, v et ses dérivées étant sur $l = \lambda_1 + \mu_0$ des fonctions de m seulement, comme l'est $\chi_{A'}$, cette équation n'admet qu'une seule solution. Comme le problème de Cauchy, auquel nous arrivons de nouveau, n'admet également qu'une seule solution, et qu'à chaque régime supersonique continu correspond une solution de (1) continue ainsi que ses premières dérivées, il ne peut en avoir qu'un seul.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le double aspect des équations de Maxwell dans la théorie quantique du rayonnement.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le formalisme de l'électrodynamique quantique on retrouve les équations du champ classique dans le vide, qui restent en même temps les équations du champ quantifié, comme les équations décrivant l'état des quanta du rayonnement ([1]), ([2]). Si l'on suppose la validité exacte des équations du champ de l'électromagnétisme classique et si l'on caractérise le champ par un quadripotentiel A, l'équation $\square A = 0$ s'interprète comme l'équation d'onde du photon ([1]), ([2]).

Il semble naturel d'essayer dans le même ordre d'idées, en supposant la validité exacte des équations classiques pour les champs quantifiés, d'interpréter les équations différentielles du premier ordre de Maxwell sous la forme opératorielle comme l'équation d'onde de l'état du photon ([3]).

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) V. Fock, *Phys. Zeitschr. d. Soviet-Union*, **6**, 1934, p. 428.

([2]) P. A. Dirac, *Comm. Dublin Institute*, n° **1**, 1943, p. 1.

([3]) *Voir* aussi C. G. Darwin, *Proc. Roy. Soc.*, A, **136**, 1932, p. 36; L. Landau et R. Peierls, *Z. f. Physik*, **62**, 1930, p. 188; J. R. Oppenheimer, *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 725; L. de Broglie, *Une nouvelle théorie de la lumière*, **1**, 1940; **2**, 1942. Pour les notations et des résultats cités voir *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 39 (I) et *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 110 (II).

Les équations de Maxwell pour le champ $\Phi = (i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ peuvent s'écrire sous la forme

$$(1) \qquad i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Phi = \mathcal{H}\Phi \quad \text{avec} \quad \mathcal{H} = \hbar c \operatorname{rot} \varepsilon = p_x v_x + p_y v_y + p_z v_z;$$

$$(1a) \quad p_x = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}, \qquad p_y = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}, \qquad p_z = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}, \qquad p^2 = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 = -\hbar^2\Delta;$$

$$(1b) \qquad v_x = c\sigma_x\varepsilon, \qquad v_y = c\sigma_y\varepsilon, \qquad v_z = c\sigma_z\varepsilon,$$

et avec l'équation de condition $\mathrm{E}_{\text{long}}\Phi = 0$ ou $\mathcal{H}^2\Phi = -(\hbar c)^2\Delta\Phi = c^2p^2\Phi$.

Le champ longitudinal peut être exclu d'une façon invariante relativiste. Dans le domaine transversal l'opérateur $\mathcal{H}$ a un spectre continu $\pm h\nu$ et l'on peut se borner au spectre d'énergie positive pour caractériser toutes les possibilités d'onde du champ classique. Les projecteurs des domaines correspondants de $\mathcal{H}$ ont été donnés par (II.9). La nouvelle restriction est $\mathrm{E}_{-}\Phi = 0$ ou $\mathcal{H}\Phi = cp\Phi$, avec $p = +\sqrt{p^2}$.

Un simple calcul direct donne les relations

$$(2) \qquad \begin{cases} \dot{x} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}x - x\mathcal{H}) = \left(\dfrac{\partial}{\partial x}x - x\dfrac{\partial}{\partial x}\right)c\sigma_x\varepsilon = c\sigma_x\varepsilon = v_x, \\ \dot{y} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}y - y\mathcal{H}) = c\sigma_y\varepsilon = v_y, \\ \dot{z} = \dfrac{i}{\hbar}(\mathcal{H}z - z\mathcal{H}) = c\sigma_z\varepsilon = v_z. \end{cases}$$

Les opérateurs de vitesse (1b), (2) ont les valeurs propres $\pm c$, 0.

Les opérateurs $\hbar\sigma_x$, $\hbar\sigma_y$, $\hbar\sigma_z$ avec les valeurs propres $\pm\hbar$, 0 et les relations de commutation $\sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_x = i\sigma_z$, ..., peuvent être interprétés comme les composantes du spin du photon, vu que ni ces opérateurs, ni les opérateurs de la forme $\mathrm{L}_x = (\hbar/i)[y(\partial/\partial z) - z(\partial/\partial y)]$ ne commutent avec l'hamiltonien $\mathcal{H}$, tandis que les sommes $\mathrm{L}_x + \hbar\sigma_x$, $\mathrm{L}_y + \hbar\sigma_y$, $\mathrm{L}_z + \hbar\sigma_z$ commutent. L'opérateur ε avec les valeurs propres ± 1 caractérise la polarisation circulaire, mais il joue ce rôle seulement si l'on se borne au spectre positif de $\mathcal{H}$.

En cherchant une métrique dans l'espace fonctionnel des Φ,

$$(\Phi', \Phi'') = \int \Phi'^{*}\rho\Phi''\, dx,$$

avec $dx \sim dx\, dy\, dz$, on peut partir de la condition

$$(3) \qquad \overline{\mathcal{E}} = (\Phi, \mathcal{H}\Phi) = \int \Phi^{*}\rho\mathcal{H}\Phi\, dx = \int \Phi^{*}\Phi\, dx, \qquad \text{alors} \quad \rho\mathcal{H} = 1.$$

En se bornant au sous-espace transversal, on peut définir l'opérateur ρ comme l'inverse de l'opérateur $\mathcal{H}$. Mais afin que la valeur moyenne d'un opérateur U, $(\Phi, \mathrm{U}\Phi) = \int \Phi^{*}\rho\mathrm{U}\Phi\, dx$, soit définie même dans le cas où $\mathrm{U}\Phi$ a

une composante longitudinale, on doit prendre par définition

$$\rho = \frac{1}{\hbar c} \operatorname{rot}^{-1} \varepsilon E_{tr}. \tag{4a}$$

Le projecteur du champ transversal E_{tr} est donné par (II.8). Pour $E_{long}\Phi = 0$, $\operatorname{rot}^{-1}\Phi$ peut être défini d'une façon unique. La condition de normalisation des états Φ est, ainsi, avec (4a)

$$(\Phi, \Phi) = \int \Phi^{\star} \rho \Phi \, dx = 1. \tag{4b}$$

Par cette définition, par exemple, les expressions $(1/c)\Phi^{\star}\sigma_x \varepsilon \Phi$ correspondant au vecteur de Pointing, sont des expressions de densité de l'opérateur $(\mathcal{H}/c^2)v_x$.

La partie réelle de l'expression complexe $\Phi^{\star}\rho\Phi$ peut prendre des valeurs négatives et, ainsi, elle ne peut pas être considérée comme une densité de probabilité des photons dans l'espace. Mais en se bornant aux états d'énergie positive, l'intégrale (4b) est toujours positive. Par rapport aux transformations de Lorentz, l'intégrale (4b), le nombre des photons dans la théorie quantifiée, reste invariante.

On peut introduire la partie paire des opérateurs, d'une façon analogue au procédé de Schrödinger pour l'électron de Dirac, en définissant les opérateurs $(U)_+ = E_+ U E_+$ formés avec le projecteur $E_+ = (1/2)(\Lambda^2 + \Lambda\varepsilon)$, $\Lambda = \hbar \operatorname{rot}/p$ du spectre d'énergie positive. Les valeurs moyennes de U et de $(U)_+$ sont identiques. Avec les cosinus directeurs $\beta_x = p_x/p$, $\beta_y = p_y/p$, $\beta_z = p_z/p$, on déduit simplement les identités

$$\left\{\begin{array}{lll} (v_x)_+ = c\beta_x, & (v_y)_+ = c\beta_y, & (v_z)_+ = c\beta_z, \\ \left(\frac{\mathcal{H}}{c^2} v_x\right)_+ = p_x, & \left(\frac{\mathcal{H}}{c^2} v_y\right)_+ = p_y, & \left(\frac{\mathcal{H}}{c^2} v_z\right)_+ = p_z, \\ (\sigma_x)_+ = \beta_x \varepsilon, & (\sigma_y)_+ = \beta_y \varepsilon, & (\sigma_z)_+ = \beta_z \varepsilon. \end{array}\right. \tag{5}$$

Le fait qu'on ne peut pas localiser le photon, peut être lié aussi au fait que les coordonnées x, y, z ne sont pas des opérateurs pairs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les notions d'espace physique et de quasi-espace.* Note (*) de Mlle **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Le problème de l'espace [1] présente des aspects variés. Nous examinerons ici une des faces de son aspect physique. Un espace abstrait ($\mathfrak{A}$) devient un espace physique sitôt que ses éléments ont été mis en relation avec des résultats d'expériences de type spatial; pour cela il faut : 1° indiquer par quels ensembles de l'espace ($\mathfrak{A}$) les éléments physiques sont susceptibles d'être

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) F. Gonseth, *La géométrie et le problème de l'espace*, Neuchâtel, 1946.

représentés; 2° définir des voisinages pour ces éléments physiques en termes de résultats de mesures. Il faut alors que la topologie de l'espace $(\mathfrak{A})$ respecte l'organisation définie par les deux conditions précédentes. C'est ce dernier terme qu'il faut préciser.

Un espace abstrait $(\mathfrak{A})$ au sens de M. Fréchet [2] est défini par un ensemble $\mathfrak{A}$ d'éléments et une opération de fermeture. La condition 1° revient à définir une famille $\mathfrak{F}$ de sous-ensembles de $\mathfrak{A}$ et la condition 2° revient à définir une fermeture $\mathfrak{f}$ sur la famille $\mathfrak{F}$. Alors $(\mathfrak{A}, \mathfrak{F}, \mathfrak{f})$ *constitue un quasi-espace* [3], car tout point de $\mathfrak{A}$ doit appartenir à un élément de $\mathfrak{F}$ au moins, un élément physique laissé quelconque étant susceptible d'être n'importe où dans l'espace physique, et deux éléments de $\mathfrak{F}$ ne peuvent être inclus l'un dans l'autre, puisqu'ils représentent des éléments physiques non morcelables avec les procédés dont on dispose, donc non susceptibles d'être inclus l'un dans l'autre. Il en résulte que *si* E_1 *et* E_2 *appartiennent à* $\mathfrak{F}$, *alors* $E_1 \cup E_2$ *et* $E_1 \cap E_2$ *n'y appartiennent pas, et si* $e_1 \cup e_2$ *ou si* $e_1 \cap e_2$ *appartient à* $\mathfrak{F}$ *alors ni* e_1 *ni* e_2 *n'appartiennent à* $\mathfrak{F}$.

2. Si l'on considère un ensemble $\mathfrak{A}$ et une famille $\mathfrak{F}$ de sous-ensembles de $\mathfrak{A}$ telle que tout élément de $\mathfrak{A}$ appartient à au moins un élément de $\mathfrak{F}$, et que deux éléments de $\mathfrak{F}$ ne sont pas inclus l'un dans l'autre, alors on peut définir sur $\mathfrak{A}$ différentes topologies à partir de $\mathfrak{F}$. Tout d'abord à chaque point $\mathbf{a}$ de $\mathfrak{A}$ on peut associer l'ensemble $\bar{\mathbf{a}}^f$ intersection des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent $\mathbf{a}$. De cette façon $\mathfrak{A}$ devient un espace à caractère fini [3], la fermeture d'un ensemble $\mathbf{e}$ étant la réunion des fermetures de ses points. On obtient la topologie duale en posant que $\bar{\mathbf{a}}^f$ est le premier voisinage de $\mathbf{a}$. Une topologie plus fine peut être définie en remarquant que si un ensemble $\mathbf{e}$ est contenu dans au moins un ensemble E de $\mathfrak{F}$ on peut associer à $\mathbf{e}$ l'ensemble $\bar{\mathbf{e}}^a$ obtenu comme intersection des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent $\mathbf{e}$. Un ensemble $\mathbf{e}$ quelconque peut toujours être décomposé en une réunion d'ensembles e_α contenus chacun dans au moins un ensemble E_α de $\mathfrak{F}$. Soit $\mathfrak{D}$ cette décomposition, on peut associer à un e_α l'intersection $e_{\alpha,1}$ des ensembles E de $\mathfrak{F}$ qui contiennent e_α; à $\mathbf{e}$ on peut alors associer e_1 défini comme la réunion des $e_{\alpha,1}$. Mais la décomposition $\mathfrak{D}$ peut être faite de différentes façons; on peut alors définir la fermeture de $\mathbf{e}$ comme l'intersection de tous les ensembles e_1 obtenus selon les différentes décompositions $\mathfrak{D}$:

$$\bar{\mathbf{e}}^a =_d \bigcap_{\mathfrak{D}} \Big[\bigcup_{\alpha} \Big(\bigcap_{E \supseteq e_\alpha} E \Big) \Big] \quad \big(\text{avec} \quad (\alpha).\exists E_\alpha. \quad e_\alpha \subseteq E_\alpha \text{ et } E_\alpha \in \mathfrak{F}\big).$$

On voit que si $\mathbf{e} \subseteq E$, alors $\bar{\mathbf{e}}^a \subseteq E$ et que $\bar{E}^a = E$, les ensembles de $\mathfrak{F}$ sont fermés relativement à cette topologie.

---

(2) *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 167.

(3) J. L. Destouches, *Corpuscules et systèmes de corpuscules*, 1941, p. 93.

3. D'autre part, la fermeture f sur $\mathfrak{F}$ induit une topologie sur $\mathfrak{A}$ de la façon suivante : soit $\mathcal{E}$ une sous-famille de $\mathfrak{F}$, à $\mathcal{E}$ on peut associer $R(\mathcal{E})$, ensemble de $\mathfrak{A}$ constitué par la réunion des éléments de $\mathcal{E}$. La fermeture $\overline{R(\mathcal{E})}$ dans $\mathfrak{A}$ sera définie comme la réunion des éléments de $\bar{\mathcal{E}}$. Pour un ensemble **e** quelconque de $\mathfrak{A}$, on peut considérer l'intersection des ensembles $R(\mathcal{E})$ pour toutes les familles $\mathcal{E}$ telles que $\mathbf{e} \subseteq R(\mathcal{E})$ et l'on définira la fermeture de **e** induite de f comme l'intersection des fermetures des $R(\mathcal{E})$ satisfaisant à la condition précédente, soit

$$\bar{\mathbf{e}}^f =_d \bigcap_{R(\mathcal{E})\supseteq \mathbf{e}} \left[\bigcup_{E\in\bar{\mathcal{E}}} E\right].$$

4. Deux quasi-espaces $(\mathfrak{A}, \mathfrak{F}_A, f_A)$ et $(\mathfrak{B}, \mathfrak{F}_B, f_B)$ sont dits *physiquement équivalents* si les familles d'ensembles $\mathfrak{F}_A$ et $\mathfrak{F}_B$ liées aux éléments physiques sont des espaces abstraits homéomorphes. On vérifie que cette équivalence est bien réflexive, symétrique, transitive. La correspondance biunivoque établie entre les ensembles de $\mathfrak{F}_A$ et ceux de $\mathfrak{F}_B$ ne s'étend pas d'une manière biunivoque à d'autres ensembles de $(\mathfrak{A})$ et $(\mathfrak{B})$.

Soit alors un quasi-espace $(\mathfrak{A}, \mathfrak{F}, f)$ et une fermeture f_a définie sur $\mathfrak{A}$; on dira que la topologie f_a respecte l'organisation du quasi-espace $(\mathfrak{A}, \mathfrak{F}, f)$ si pour tout ensemble e de $\mathfrak{A}$ on a $f_a e \subseteq \bar{e}^f$.

A partir des résultats d'expérience on peut définir un quasi-espace à l'équivalence définie ci-dessus près. *Pour qu'un espace soit acceptable comme espace physique, il est nécessaire que sa topologie respecte l'organisation du quasi-espace défini par les résultats d'expériences de type spatial,* en donnant au terme *respecte* le sens que nous venons de définir.

Si l'on ne tient compte que des expériences géométriques à l'échelle humaine, avec leur précision limitée, on constate que l'espace euclidien à trois dimensions respecte le quasi-espace défini par ces expériences. Mais ce respect n'a plus lieu si l'on tient compte de l'ensemble des expériences physiques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la réalisation d'une mesure du rapport des chaleurs spécifiques des vapeurs hydrocarbures.* Note de Mme **Jacques Huetz**, transmise par M. Jean Cabannes.

Parmi les mesures du rapport γ des chaleurs spécifiques des gaz, la méthode indiquée par Assmann [1] présente l'avantage d'être simple et de permettre des déterminations de γ en fonction de la température et de la pression. Le principe en est le suivant : si l'on fait osciller un liquide, du mercure généralement, dans un tube en U dont les extrémités sont terminées par deux

[1] *Ann. Phys.*, 85, 1852, p. 1.

récipients contenant le gaz à étudier, le γ de ce gaz est donné par la formule

$$(1) \qquad \gamma = \frac{K}{P}\left[\left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1\right],$$

où K est une constante de l'appareil, P la pression de remplissage du gaz, T et T_0 les périodes propres d'oscillation du liquide lorsque les récipients sont respectivement remplis du gaz à étudier et ouverts à l'air libre. Cette formule suppose nul l'amortissement des oscillations et surtout adiabatiques les détentes et compressions du gaz.

Une des rares applications de cette méthode a été faite par Müller [2] qui communiquait un ébranlement à l'appareil, mesurait la période propre d'oscillation du mercure, de l'ordre de $0^s,7$ dans ses expériences, sur la durée d'une période seulement, et tirait γ de la formule (1). En plus des défauts inhérents à la méthode (amortissement, manque d'adiabatisme), l'application qui en était ainsi faite entraînait une très grande imprécision sur la mesure de T et T_0. Or un calcul d'erreur fait sur la formule (1) montre que l'erreur absolue sur γ était alors environ 30 fois celle sur la période, soit 0,03 au minimum.

Nous avons également cherché à mettre au point une mesure de γ basée sur le même principe, mais en éliminant ou en corrigeant les causes d'erreur signalées ci-dessus. Nous avons tout d'abord vérifié que l'importance, du reste faible, de l'amortissement était encore atténuée du fait que ce facteur modifie les deux périodes T et T_0 dans le même sens et par conséquent influe peu sur le rapport T_0/T. D'autre part on diminue encore l'erreur en déterminant K expérimentalement au moyen d'un gaz de γ connu, l'air par exemple.

Pour améliorer la précision sur la période, nous avons utilisé une méthode de résonance indiquée par M. Parodi [3]. L'appareil est animé d'un mouvement de translation horizontal harmonique et de période variable; en faisant varier cette dernière et en mesurant l'amplitude des oscillations du liquide dans le tube, on peut tracer une courbe de résonance et déterminer la période propre du système sur une durée aussi longue qu'on le juge nécessaire. Cette façon d'opérer permet d'obtenir une précision bien supérieure à celle que pouvait atteindre Müller.

Pour ce qui est de l'adiabatisme, nous avons remarqué et vérifié que, contrairement à l'opinion généralement admise au sujet de la méthode d'Assmann, il était possible d'une part de se placer dans des conditions où le phénomène est suffisamment adiabatique pour donner de γ une valeur correcte et d'autre part d'employer, si besoin est, un terme correctif que l'on peut calculer. Il apparaît que, pour une paroi donnée des récipients, trois facteurs interviennent

---

(2) *Id.*, **18**, 1883, p. 94.

(3) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 311.

dans les échanges possibles de chaleur avec l'extérieur : le rapport S/V de la surface au volume des récipients contenant le gaz, les valeurs moyennes T des périodes et les amplitudes des oscillations. L'expérience nous a montré qu'un rapport S/V correspond à des récipients de forme sphérique de 10^{cm} de diamètre, des périodes voisines de $0^s,8$ et des amplitudes de 3 à 4^{cm} étaient suffisamment faibles pour donner des valeurs correctes de γ. Ces résultats expérimentaux se trouvent confirmés par le travail de Clark et Katz (4); ces auteurs ont de plus calculé un terme qui tient compte du manque d'adiabatisme et par lequel ils corrigent le γ mesuré. Mais, dans le cas de nos expériences et avec les conditions numériques mentionnées ci-dessus, la correction calculée est alors de l'ordre des erreurs d'expérience.

Les valeurs numériques de γ obtenues par cette méthode pour les gaz connus tels que, l'air servant uniquement à l'étalonnage de l'appareil, l'oxygène, l'azote, le gaz carbonique, l'acétylène, l'éthylène et même l'hydrogène, que son pouvoir conducteur, environ 7 à 8 fois supérieur à celui des gaz précédents, rend plus sensible à un manque d'adiabatisme du phénomène, concordent avec celles généralement admises.

Nous avons utilisé ces résultats préliminaires pour mettre au point un appareil en métal supportant des pressions et températures de l'ordre de 10 kg/cm² et 350° C. au maximum; il est muni d'une fenêtre pour observer les oscillations du liquide et placé dans une étuve. Un émaillage intérieur réduit le pouvoir conducteur de la paroi et la protège des corrosions. Nous avons effectué une série d'expériences avec le benzène pour mettre au point l'appareil, ce qui nous a donné comme résultat moyen : $\gamma = 1,07$ à 100° C. sous la pression atmosphérique, le γ de l'air, dans les conditions ordinaires de température et de pression étant pris égal à 1,40. Cette valeur est en bon accord avec celle de Yatkar (5) qui emploie la méthode des ultra-sons.

Actuellement nous construisons un système d'entraînement destiné à donner la période à 2.10^{-4} près. Les mesures seront ensuite étendues à des hydrocarbures particulièrement utilisés et à des températures et pressions élevées qu'il faudra connaître avec précision.

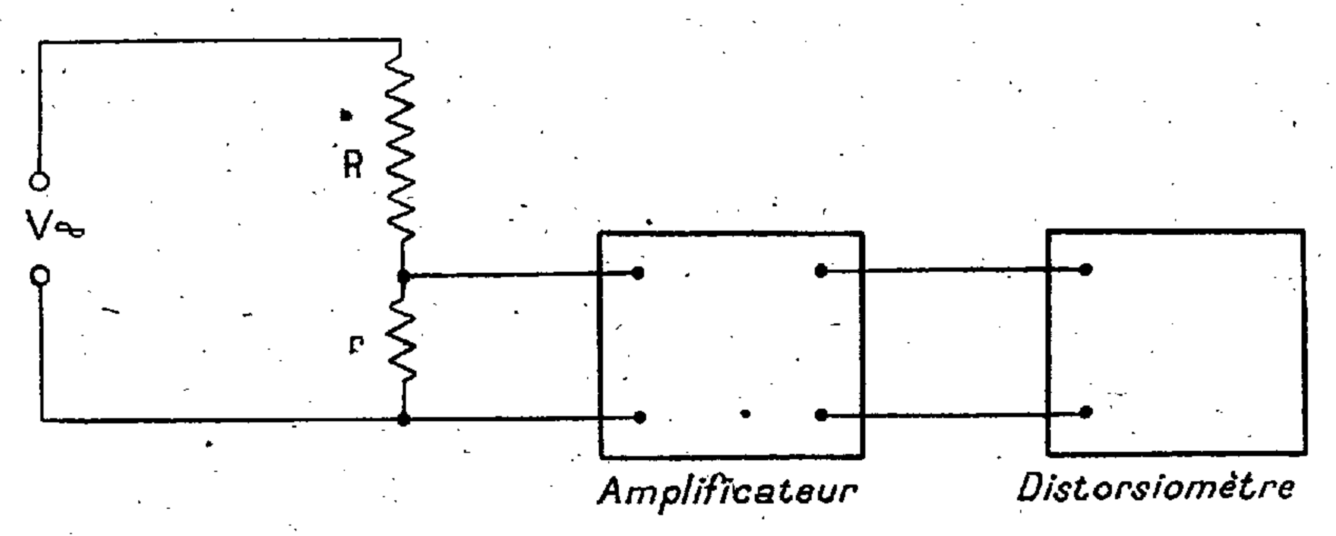
ÉLECTRICITÉ. — *Présence d'harmoniques de rang impair dans le courant alternatif traversant certaines résistances non métalliques*. Note (*) de M. **Pierre Sevin**, présentée par M. Camille Gutton.

I. On sait que les résistances constituées par des corps semi-conducteurs agglomérés ne suivent pas rigoureusement la loi d'Ohm. Leur température

(4) *Can. J. of Research*, 18, 1940, p. 24.
(5) *J. Ind. Inst. Sci.*, 22, 1939, p. 19.
(*) Séance du 5 juillet 1948.

étant maintenue constante, on remarque que la valeur de leur résistance varie en fonction de la différence de potentiel qui leur est appliquée. Cette variation est du reste indépendante du sens du courant et se distingue ainsi de l'effet de rectification des redresseurs à couche d'arrêt. On peut en conclure qu'en appliquant à une telle résistance une différence de potentiel sinusoïdale, il apparaîtra dans le courant traversant la résistance une certaine proportion d'harmoniques de rang impair, en particulier de l'harmonique 3. C'est ce que nous avons vérifié.

II. Notre méthode de mesure de la distorsion était la suivante : on appliquait à la résistance à étudier R une différence de potentiel alternative pro-



venant d'un générateur dont la distorsion était négligeable et dont la fréquence était de 1 000 HZ. Le courant résultant traversait une seconde résistance r dont la valeur très faible (de l'ordre du 1/1 000 de la résistance étudiée) ne risquait pas de perturber la mesure. La différence de potentiel engendrée aux bornes de cette résistance auxiliaire était amplifiée environ 1 000 fois par un amplificateur de distorsion négligeable et analysée à l'aide d'un distorsiomètre. Celui-ci était constitué par une série de cinq amplificateurs sélectifs accordés, le premier sur 1 000 HZ, le second sur 2000 HZ, etc. Dans chaque amplificateur, un appareil de mesure indiquait le taux de l'harmonique correspondant.

Valeur en ohms de la résistance étudiée.	Tension appliquée en volts efficaces.	Puissance dissipée en milliwatts.	Distorsion en % par harmonique 3.
10^6	100	10	0,85
	40	1,6	$<$ 0,1
10^5	100	100	0,5
	40	16	0,2
	100	200	0,8
5.10^4	40	30	0,4
	10	2	$<$ 0,1
2.10^4	80	320	0,56
10^3	10	100	0,44
	5	25	0,26

III. Nos essais ont porté sur deux types de résistances : les unes étaient constituées par un bâtonnet de matière agglomérée (type A), les autres par un

tube de stéatite recouvert d'une couche plus ou moins épaisse d'un produit conducteur (type B). La puissance nominale de ces résistances, c'est-à-dire la puissance maximum qu'elles peuvent dissiper, était d'un quart de watt. La distorsion apportée par les résistances du type B était inférieure à 0,1 % et n'a pu être mesurée avec exactitude. Par contre la distorsion apportée par les résistances du type A était beaucoup plus élevée; le tableau ci-contre résume les résultats.

IV. D'après ces résultats, on constate que les résistances non métalliques utilisées couramment en radiotechnique peuvent produire une distorsion non négligeable dans le courant qui les traverse lorsqu'on les soumet à des différences de potentiel alternatives.

Nous avons d'ailleurs vérifié qu'en courant continu, la valeur de la résistance diminue lorsqu'on augmente la différence de potentiel appliquée et que cette diminution est plus grande pour les résistances du type A que pour celles du type B.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'interprétation des anomalies des ferromagnétiques aux ondes hertziennes.* Note (*) de M. **Israël Epelboim**, présentée par M. Aimé Cotton.

La répartition non uniforme de la perméabilité dans l'épaisseur du métal indiquée dans une récente Note faite en collaboration avec P. Abadie est vérifiée pour l'ensemble des ferromagnétiques massifs usuels, et ceci confirme l'hypothèse que nous avons déjà utilisée : celle qui relie la grandeur anormale des pertes par courants de Foucault aux forts courants parasites induits à la surface par les couches intérieures de perméabilité plus élevée. L'importance de l'anomalie des pertes par courants de Foucault constitue donc une indication de la répartition des propriétés magnétiques dans l'épaisseur du métal. Voici à ce sujet deux exemples concernant des noyaux annulaires en ruban, constitués d'une seule spire pour éviter l'action parasite entre spires, et mesurés par la méthode des bobines démontables. Le premier noyau en Fe 17 %, Ni 76 %, Cu 5 %, Cr 1,5 % présente des pertes par courants de Foucault deux fois supérieures aux valeurs théoriques. Après deux opérations de polissage anodique qui diminuent sa section respectivement de 8 et de 44 %, la perméabilité initiale mesurée aux fréquences acoustiques et séparée de l'influence des pertes par courants de Foucault passe de 3700 respectivement à 4300 et 5700. Le deuxième noyau en Fe, Ni 76 % longuement recuit dans le vide à 450°, présente des pertes par courants de Foucault à peine supérieures de 20 % aux pertes théoriques. La perméabilité initiale déterminée dans les mêmes conditions que pour le pre-

(*) Séance du 12 juillet 1948.

mier noyau est de 370, mais elle augmente à peine avec le polissage anodique, par exemple de 8 % lorsque la section du ruban diminue déjà de 25 %.

Les alliages de haute perméabilité, comme ceux étudiés par K. Sixtus, présentent des pertes par courants de Foucault dépassant plusieurs fois les pertes théoriques; il est donc à présumer d'après ce qui a été montré plus haut qu'ils possèdent une texture magnétique particulièrement hétérogène. Contrairement à cet auteur nous avons constaté que de tels matériaux obéissent à la loi d'aimantation de Rayleigh, et qu'il n'y a pas lieu dans les champs faibles de chercher de nouvelles lois d'aimantation. L'anomalie de la variation de la perméabilité avec l'amplitude du champ magnétique n'apparaît que pour des accroissements de perméabilité dépassant de 10 % la perméabilité initiale. Mais dans ce domaine et dans le cadre même de la loi de Rayleigh, on ne peut plus négliger l'influence des harmoniques qui agissent comme un accroissememt de la fréquence et perturbent d'autant plus la variation de la perméabilité et des pertes avec l'amplitude du champ, que le phénomène de l'aimantation n'est pas réparti uniformément dans l'épaisseur de l'échantillon par suite de sa texture magnétique hétérogène. Cette dernière permet d'expliquer la dispersion anormale des coefficients de la loi de Rayleigh avec l'accroissement de la fréquence, où l'effet de peau fait intervenir des couches superficielles ayant des coefficients plus faibles.

Enfin le phénomène de relaxation des pertes magnétiques par cycle, qui existe déjà aux ondes kilométriques dans le cas des tôles de transformateurs et seulement aux ondes centimétriques pour certains mélanges de ferromagnétiques et de diélectriques, peut s'interpréter également sans faire appel à des lois de variation de la viscosité magnétique, et uniquement par l'influence des courants de Foucault qui déphasent l'induction et le champ d'un certain angle de perte. En effet la perméabilité dynamique (rapport entre l'induction et la composante du champ en phase avec celle-ci) est reliée à la perméabilité consomptive μ_2 par une relation que nous avons démontrée par ailleurs

$$\mu_2 = \mu' \sin\alpha \cos\alpha,$$

et la condition de relaxation des pertes magnétiques par cycle, c'est-à-dire de μ_2, donne

$$\operatorname{tg}^2\alpha - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu'}\frac{\partial\mu'}{\partial\alpha} - 1 = 0.$$

Comme $\partial\mu'/\partial\alpha$ est négatif aussi bien pour les métaux massifs aux ondes kilométriques que pour les ferromagnétiques divisés aux ondes centimétriques, on déduit que le phénomène de relaxation se produit toujours pour un angle de perte inférieur à 45°. Remarquons que cet angle de perte n'est pas une caractéristique ferromagnétique : il dépend de la forme du conducteur et non pas de ses propriétés électriques et magnétiques. D'après les calculs développés par V. Arkadiev de la propagation des champs alternatifs dans les conduc-

teurs massifs d'après les équations de Maxwell, nous avons trouvé que cet angle est de 32° pour les conducteurs cylindiques et de 37° pour les conducteurs plats. Nous avons vérifié expérimentalement cette dernière valeur pour l'ensemble des rubans ferromagnétiques étudiés avant et après le traitement par le polissage électrolytique, bien que la fréquence de la relaxation varie dans un large domaine.

En résumé, la connaissance de la texture magnétique réelle des métaux permet d'interpréter les anomalies du comportement des ferromagnétiques aux ondes hertziennes sans faire appel à des hypothèses supplémentaires sur le traînage ou la viscosité magnétique souvent discutéesdans la littérature. Il en découle également des procédés nouveaux d'utilisation des métaux en radioélectricité. (Brev. Fr., P. V. 551537; 557905; 557906; et étrangers 1948, pris en collaboration avec le Centre National de la Recherche Scientifique.)

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la courbe d'amplitude associée à une caractéristique de phase linéaire dans un quadripôle à déphasage minimum.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est bien connu que, dans un système de transmission en modulation de fréquence, les distorsions harmoniques proviennent exclusivement du défaut de linéarité de phase. Il est donc essentiel, lorsqu'on utilise ce type de modulation, de réaliser des circuits dont le déphasage soit une fonction linéaire de la fréquence sur une étendue suffisante. Nous nous proposons de calculer la courbe de réponse en amplitude d'un quadripôle à déphasage minimum dont le déphasage soit rigoureusement linéaire entre deux limites finies et constant à l'extérieur de ces limites.

M. Bayard (1) a explicité la relation qui existe nécessairement, dans un tel quadripôle, entre la phase φ et la fonction $H(p)$ qui définit en notation opératoire, le rapport de la tension de sortie à la tension d'entrée. Cette relation peut se mettre sous la forme suivante :

$$\text{Log}\,\frac{H(p)}{H(o)} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{p^2\varphi(\lambda)}{p^2+\lambda^2}\,\frac{d\lambda}{\lambda}. \tag{1}$$

Examinons d'abord le cas où la phase est linéaire entre les pulsations o et λ_1 :

$$\varphi(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leqq \lambda_1, \\ k\lambda_1 & \text{pour } \lambda \geqq \lambda_1. \end{cases}$$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Revue générale d'Électricité*, 37, n° 21, 1935, p. 659.

La formule (1) conduit alors à l'expression

$$\operatorname{Log}\frac{H(p)}{H(o)} = \frac{2k}{\pi}\left(p \operatorname{arctg}\frac{\lambda_1}{p} + \frac{\lambda_1}{2}\operatorname{Log}\frac{p^2+\lambda_1^2}{\lambda_1^2}\right).$$

La courbe d'amplitude s'obtient en remplaçant p par $j\omega$ et en prenant la partie réelle. En exprimant le gain (ou l'affaiblissement) A en népers, on trouve ainsi :

$$(2) \qquad A(\omega) = A(o) + \frac{k\lambda_1}{\pi} F\left(\frac{\omega}{\lambda_1}\right),$$

où

$$(3) \qquad F(x) \equiv (x+1)\operatorname{Log}(x+1) - (x-1)\operatorname{Log}|x-1|.$$

Dans le cas plus général, et aussi pratiquement plus intéressant, où la caractéristique de phase est linéaire entre deux valeurs λ_1 et λ_2 de la pulsation ω $(\lambda_2 > \lambda_1)$:

$$\varphi(\lambda) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \lambda \leqq \lambda_1, \\ k(\lambda - \lambda_1) & \text{pour } \lambda_1 \leqq \lambda \leqq \lambda_2, \\ k(\lambda_2 - \lambda_1) & \text{pour } \lambda \geqq \lambda_2. \end{cases}$$

On peut poser $\varphi(\lambda) = \varphi_2(\lambda) - \varphi_1(\lambda)$, avec :

$$\varphi_2(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leqq \lambda_2, \\ k\lambda_2 & \text{pour } \lambda \geqq \lambda_2, \end{cases} \qquad \varphi_1(\lambda) = \begin{cases} k\lambda & \text{pour } \lambda \leqq \lambda_1, \\ k\lambda_1 & \text{pour } \lambda \geqq \lambda_1. \end{cases}$$

La formule (2) fait correspondre à $\varphi_1(\lambda)$ et $\varphi_2(\lambda)$ respectivement des gains A_1 et A_2, et, en raison de la linéarité de la relation (1) entre le gain en népers et la phase, le gain correspondant à φ est $A_2 - A_1$. On en déduit :

$$(4) \qquad A(\omega) = A(o) + \frac{k}{\pi}\left[\lambda_2 F\left(\frac{\omega}{\lambda_2}\right) - \lambda_1 F\left(\frac{\omega}{\lambda_1}\right)\right].$$

L'étude de cette fonction fait apparaître les particularités suivantes :

a. La courbe de gain possède un maximum à une fréquence égale à la moyenne géométrique de λ_1 et λ_2;

b. Le gain tombe plus rapidement vers les fréquences élevées que vers les fréquences basses;

c. La courbe de gain présente dans l'intervalle λ_1, λ_2 une allure assez arrondie, qui contraste avec les courbes à fond plat que l'on s'efforce parfois de réaliser. On peut en conclure que celles-ci ne correspondent pas à la linéarité de phase optimum.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux lois expérimentales reliant l'indice de réfraction et la concentration d'une solution.* Note (*) de M. **Antoine Merland**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Dans un travail récent ([1]) j'ai montré que les indices de réfraction n des solutions aqueuses de chlorure et de nitrate de néodyme suivaient la loi

$$n-n_0 = a(1-e^{-bC}),$$

où n_0 représente l'indice de réfraction de l'eau pour la radiation considérée et la température donnée, où C représente la concentration de la solution en molécules-grammes par litre, et où a et b sont des constantes caractérisant le sel dissous. a dépend de la longueur d'onde de la radiation considérée, b est indépendant de cette longueur d'onde, dans la limite des erreurs d'expérience.

Je me suis proposé de vérifier si cette loi s'applique à d'autres solutions salines, en utilisant notamment les résultats des mesures, très complètes, de Chèneveau ([2]). Voici, par exemple, les nombres relatifs à une solution de chlorure de sodium, à la température de 15° et pour la radiation jaune (5893 Å).

	$n - n_0$			$n - n_0$	
C.	mesuré.	calculé.	C.	mesuré.	calculé.
5,250.....	0,0464	0,0464	2,653.....	0,0248	0,0248
4,729.....	0,0423	0,0423	2,104.....	0,0199	0,0199
4,205.....	0,0379	0,0380	1,582.....	0,0153	0,01515
4,141.....	0,0335	0,0337	1,058.....	0,0104	0,01025
3,160.....	0,0292	0,0292	0,522.....	0,0051	0,0051

Les nombres de la dernière colonne ont été calculés en prenant

$$a = 0,22106, \qquad b = 0,04478.$$

Comme les indices de réfraction ont été mesurés avec une incertitude absolue de 0,0001, les différences $n - n_0$ sont déterminées à 0,0002 près. La loi est donc vérifiée, dans la limite des incertitudes expérimentales, pour les concentrations utilisées et le sel cité. Elle est vérifiée, avec la même approximation, pour les solutions des sels qui figurent dans le tableau suivant, donnant les valeurs des constantes a et b. Les indices sont toujours relatifs à la radiation jaune et à la température de 15°C.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Thèse*, A 2211, n° 3082, Paris, 1948.

([2]) *Thèse*, A 542, n° 1266, Paris, 1907.

Formule du sel dissous.	a.	b.	Formule du sel dissous.	a.	b.
Cl_2Mg	0,3506	0,0661	NO_2K	0,1325	0,0653
$(NO_3)^2Mg$	0,6661	0,0305	NO_3Na	0,1534	0,0599
SO_4Mg	0,1650	0,1407	SO_4Na_2	0,1064	0,1938
ClK	0,1691	0,0582	$S_2O_3Na_2$	0,4537	0,0649
BrK	0,3206	0,0441	Cl_2Ba	1,4301	0,0206
IK	1,292	0,0165	Cl_2Ca	0,4140	0,0584
NO_3K	0,0902	0,1077	SO_4Cu	0,3139	0,0886
SO_4K_2	0,0528	0,4175	$ClNH_4$	0,6779	0,0145

Pour certains sels, la loi paraît s'étendre jusqu'à la concentration C_m qui correspond à l'état cristallisé. Elle donne, pour l'indice du sel cristallisé, une valeur assez voisine de la valeur mesurée, et dans la limite résultant des approximations sur *a* et *b*. Voici quelques chiffres :

Formule du sel.	Indice *n* à l'état solide mesuré.	Indice *n* à l'état solide calculé.	Formule du sel.	Indice *n* à l'état solide mesuré.	Indice *n* à l'état solide calculé.
IK	1,667	1,674	ClK	1,490	1,467
BrK	1,559	1,539	ClNa	1,554	1,513

L'interprétation théorique de cette loi sera l'objet d'un autre travail. Elle montre que la constante *b* est généralement égale à (v_1+v_2), v_1 et v_2 étant les *volumes* des ions dissous, volumes évalués en litres par ion-gramme. Elle permet de retrouver, en certains cas, le degré d'hydratation des ions obtenu par d'autres méthodes.

II. J'ai montré, dans le travail cité, qu'on peut aussi écrire, pour les solutions aqueuses de nitrate et de chlorure de néodyme, l'invariance du quotient $(n-1) : V^{2/3}$ quand la concentration C varie. V représente le *volume moléculaire*, c'est-à-dire le volume propre d'une molécule-gramme de sel à l'état dissous.

Cette loi n'est pas générale. Elle est vérifiée pour les solutions aqueuses des sels suivants :

ClK (concentration : 1 à 4 moléc. gr/litre), Cl_2Ba (0,26 à 1,34), NO_3K (0,45 à 2), Cl_2Ca (1 à 5), NO_3Na (0,6 à 6), IK (1 à 2,5), INa (0,5 à 2), BrNa (0,5 à 2), NO_2K (0,6 à 1,5).

Elle ne s'applique pas aux solutions de : BrK (0,5 à 4), ClNa (0,5 à 5), SO_4K_2 (0,07 à 0,5), SO_4K_2 (0,1 à 0,9), $ClNH_4$ (1 à 5).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un état métastable de la gélatine obtenu par séchage à température élevée.* Note (*) de MM. **R. Pinoir** et **J. Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est bien connu que les propriétés physiques et mécaniques d'un échantillon de gélatine dépendent des conditions dans lesquelles il a été séché. Mais toutes les études qui ont été

(*) Séance du 5 juillet 1948.

faites à ce sujet, à notre connaissance, ont porté sur des gélatines qui avaient été figées avant séchage, suivant le mode opératoire habituel, c'est-à-dire que ces gélatines étaient restées durant tout le séchage à une température inférieure à 40°, température de fusion des gels les plus concentrés.

Il nous a paru intéressant d'étudier les propriétés de gélatines sèches obtenues à partir de bouillons de diverses concentrations, par séchage à température supérieure à 40°, c'est-à-dire par séchage sans figeage préalable.

Dispositif expérimental. — La méthode employée consistait à évaporer lentement, dans un thermostat contenant un déshydratant, la solution de gélatine placée en couche mince dans le fond d'un récipient plat. L'évaporation durait de 2 à 4 heures.

Résultats expérimentaux. — 1° La surface d'une gélatine séchée à 70° est beaucoup plus brillante que celle de la même gélatine séchée après figeage.

2° Si l'on plonge dans de l'eau assez froide (18°, par exemple) un morceau de gélatine séchée à 70°, il gonfle et il faut ensuite élever la température jusqu'à la température de fusion normale (35° dans le cas considéré) pour obtenir la liquéfaction du gel.

Si l'on plonge cette même gélatine dans de l'eau à température de plus en plus élevée, à partir de 25 à 26° on voit, grâce à la différence d'indice, que la surface se dissout directement, tandis que la masse continue à gonfler. Si l'on continue à élever la température, la dissolution devient de plus en plus rapide, et le gonflement intervient de moins en moins dans le phénomène.

3° Si la gélatine séchée à 70° est broyée très finement, son comportement reste sensiblement le même que dans le premier cas lorsqu'elle est mise au contact de l'eau à basse température. Par contre, si on la met dans de l'eau à température plus élevée, la dissolution est considérablement accélérée à cause de la grande surface d'échange et le rôle du gonflement devient négligeable même à 25°. On obtient ainsi, par dissolution directe, une solution d'aspect homogène. Cette solution se gélifie d'ailleurs spontanément au bout de quelques heures en donnant un gel homogène et rigide. La gélatine séchée normalement, traitée de la même façon, gonfle, mais conserve un aspect tout à fait hétérogène.

Analyses aux rayons X. — Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus par Katz et ses collaborateurs [1] sur la diffraction des rayons X par la gélatine.

Ces auteurs ont montré que si un sol de gélatine est évaporé à une température supérieure à 65°, la gélatine obtenue donne un diagramme de substance amorphe, alors que la gélatine séchée à basse température donne un dia-

---

(1) KATZ, DERKSEN et BON, *Rec. Trav. Chim.*, 50, 1931, p. 725 et 1138; 51, 1932, p. 835 et 513, cité par Heymann. *The sol-gel transformation*, Paris, 1936.

gramme représentant des lignes distinctes caractéristiques d'une substance organisée.

Explication. — Il semble que l'on puisse expliquer ces anomalies, et en particulier, l'existence de deux points de fusion, en admettant que la gélatine séchée à haute température subit une espèce de trempe et qu'elle reste sous la forme stable à chaud, c'est-à-dire sous la forme sol qui correspond à une dispersion moléculaire; l'organisation en gel ne se produirait que s'il y a figeage de la gélatine avant le séchage.

Autrement dit, les molécules, libres dans le sol, qui s'orientent et s'assemblent partiellement lors du figeage pour donner un système organisé, restent dispersées durant le séchage à température élevée et, une fois l'eau évaporée, ne peuvent plus s'orienter et s'assembler. La gélatine ainsi obtenue ne peut donc donner aux rayons X qu'un spectre de substance amorphe.

Les études de Knaggs, Manning et Schryver ([2]) et celles de Goddard ([3]) sur la solubilité de la gélatine à froid, ont montré que la fraction soluble, en équilibre avec un gel gonflé, est constituée par des molécules libres, alors que dans le gel les molécules sont liées les unes aux autres par des forces secondaires.

On conçoit donc que si dans la gélatine séchée à haute température les molécules sont indépendantes, le point de fusion dans l'eau soit abaissé. Mais si l'on plonge cette gélatine dans de l'eau froide pour la disperser complètement, elle s'imprègne d'eau, gonfle et se réorganise en gel pour reprendre toutes les propriétés de la gélatine ordinaire.

Cette hypothèse est confirmée par l'évolution de la solution, obtenue à 25°, de la poudre de gélatine séchée à température élevée. Puisque cette solution évolue lentement à 25° pour donner un gel homogène et que, pour obtenir un tel gel, il est absolument nécessaire de passer par l'état sol, ceci prouve que cette solution est bien un véritable sol, c'est-à-dire que la gélatine y est dispersée à l'état moléculaire et désorienté. Et, de même que lorsqu'on refroidit brutalement à 25° une solution de gélatine, on obtient une solution instable évoluant vers la forme gel, de même la solution ainsi obtenue évolue-t-elle pour se réorganiser en gel.

Conclusions. — Par séchage de la gélatine au-dessus de 65°, on maintient celle-ci sous sa forme sol, stable à chaud et soluble dans l'eau à plus basse température que la gélatine ordinaire. En broyant finement cette gélatine, on obtient une poudre directement soluble dans l'eau, qui donne, sans qu'il soit nécessaire de chauffer, une solution homogène qui prend ensuite en gel à la même température.

([2]) *Biochem. J.*, 17, 1923, p. 473.

([3]) *J. Soc. Chem. Indust.*, 61, 1942, p. 176.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un type de transformation commun aux protoxydes de manganèse, fer, cobalt et nickel.* Note (*) de M. **Marc Foex**, présentée par M. Paul Lebeau.

Un certain nombre de travaux ont montré l'existence, à basse température, de transformations des protoxydes de manganèse, de fer et de cobalt, se traduisant, en particulier, par un maximum aigu de la chaleur spécifique (Millar) [1], et une forte anomalie magnétique (phénomène d'antiferromagnétisme) (Bizette, Squire et Tsaï) [2], [3], [4].

Je me suis proposé ici d'étudier parallèlement, à l'aide d'une méthode dilatométrique, différents protoxydes de structure cubique, appartenant au même groupe, c'est-à-dire les protoxydes de manganèse, fer, cobalt et nickel.

Ces oxydes sont obtenus comme suit : MnO par réduction de l'oxyde salin dans l'hydrogène à 1000°C.; FeO par traitement sous vide à 1200° C. d'un mélange en proportions stœchiométriques de sesquioxyde et de fer métallique (le produit est ensuite trempé pour éviter la transformation, au cours du refroidissement, du protoxyde en fer et oxyde salin); CoO par traitement sous vide à 1200°C. du sesquioxyde; NiO par calcination à l'air du nitrate.

Les produits sont agglomérés par compression et cuisson et leur dilatation est enregistrée au moyen d'un dilatomètre Chenevard à haute sensibilité, en opérant en atmosphère d'azote pour les essais effectués au-dessus de la température ordinaire avec les trois premiers oxydes. Dans le cas du protoxyde de fer, les essais ont été limités à 200°C. afin d'éviter sa transformation en Fe_3O_4 et Fe.

Les valeurs des coefficients de dilatation des différents oxydes étudiés sont représentées en fonction de la température (figure). Les phénomènes observés sont très sensiblement réversibles sans inertie thermique appréciable. Il est possible de faire les remarques suivantes :

1° chaque courbe possède une allure analogue; depuis les basses températures, le coefficient de dilatation augmente d'une façon progressive, de plus en plus rapidement, passe par un maximum aigu, puis diminue ensuite extrêmement vite, pour atteindre une zone à évolution lente.

2° L'anomalie dilatométrique présentée par chaque oxyde est située à une température d'autant plus élevée que le numéro atomique de l'élément correspondant est plus grand. On note les valeurs suivantes : MnO, 116°K. (—157°C.); FeO, 186°K. (—87°C.); CoO, 292°K. (+19°C); NiO, 523°K. (+250°C.).

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) R. W. Millar, *J. Amer. Chem. Soc.*, **50**, 1928, p. 1875 et **51**, 1929, p. 215.

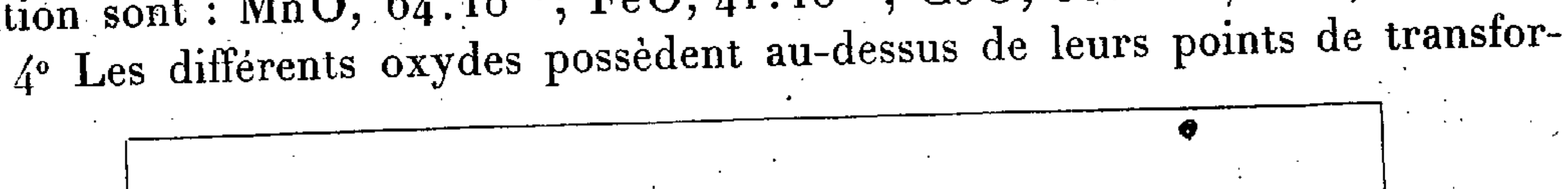
(2) H. Bizette, C. F. Squire et B. Tsai, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 449.

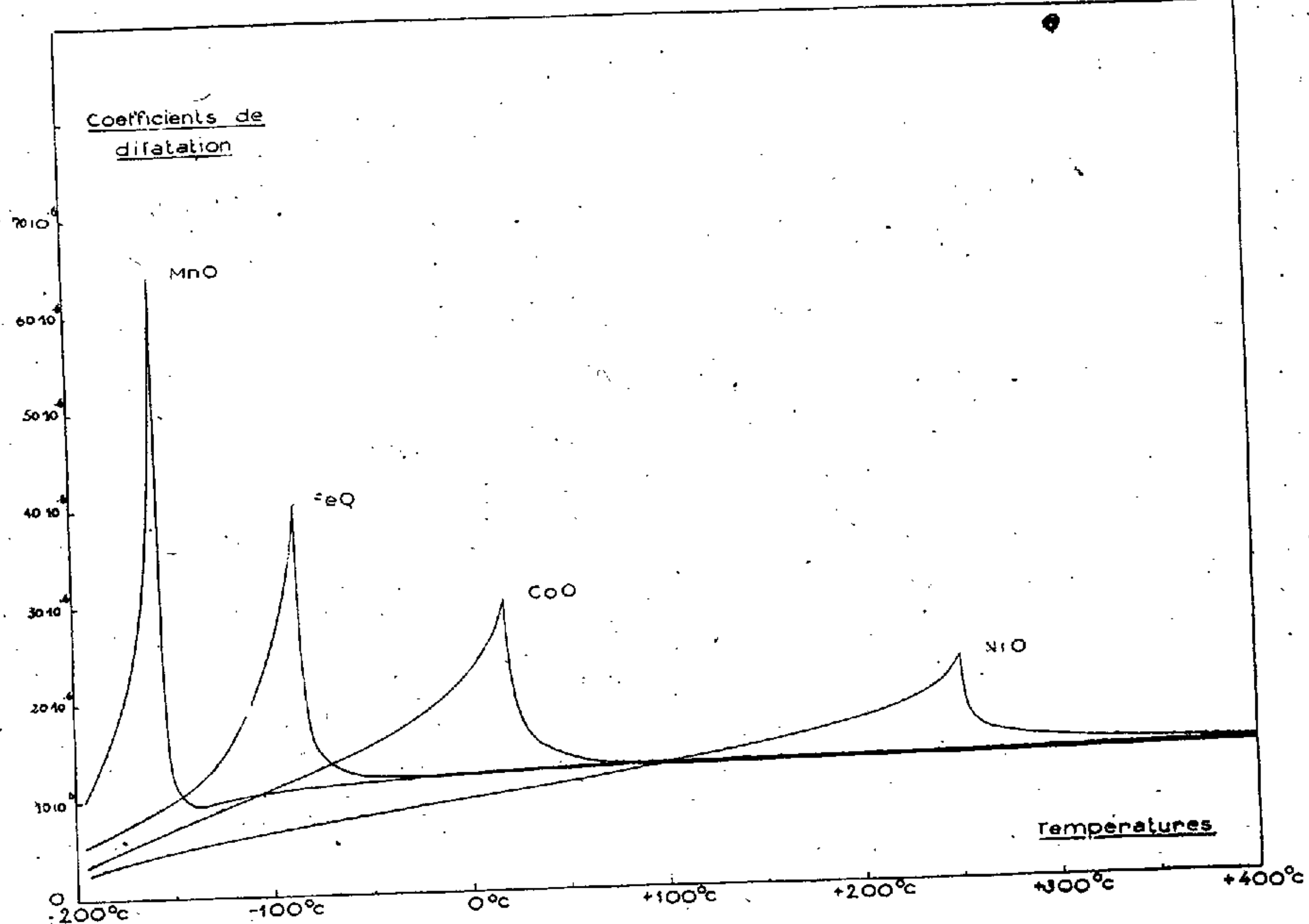
(3) H. Bizette et B. Tsai, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 390.

(4) H. Bizette, *Annales de Physique*, **1**, 1946, p. 233.

3° L'intensité du phénomène est d'autant plus importante que la température de transformation est plus basse. Les valeurs maxima des coefficients de dilatation sont : MnO, 64.10^{-6}; FeO, 41.10^{-6}; CoO, 30.10^{-6}; NiO, 23.10^{-6}.

4° Les différents oxydes possèdent au-dessus de leurs points de transfor-





mation, des coefficients de dilatation du même ordre; aux basses températures, par contre, il existe de très nettes différences, les coefficients observés augmentant beaucoup de l'oxyde de nickel à l'oxyde de manganèse.

L'analyse aux rayons X ne mettant pas en évidence de changement de la forme cristalline, il s'agit de transformations du deuxième ordre, appartenant, d'après la forme des courbes, au type λ. Notons que les chaleurs spécifiques donnent des courbes d'allure très semblables à celles obtenues ici pour les coefficients de dilatation.

En résumé, les essais précédents ont permis de mettre en évidence pour chacun des oxydes étudiés (MnO, FeO, CoO, NiO) la présence d'un même type d'anomalie dilatométrique; la température et l'intensité du phénomène évoluant progressivement en fonction de la position de l'oxyde dans la série.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation de nouvelles magnétites par substitution aux ions ferriques d'autres ions trivalents.* Note (*) de MM. **André Michel** et **Émile Pouillard**, transmise par M. Pierre Jolibois.

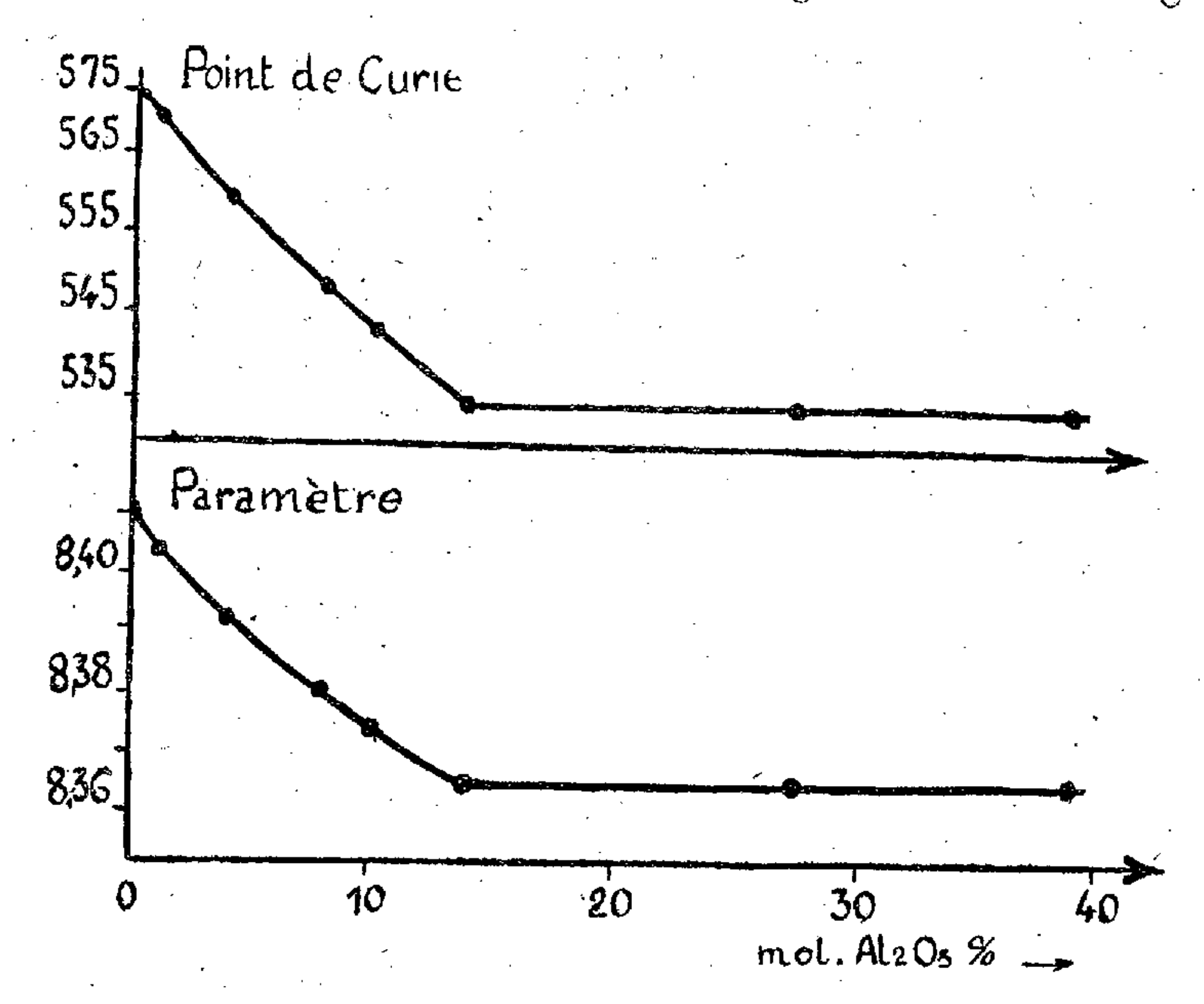
Dans un travail sur la magnétite, Chaudron et Bénard [1] ont montré qu'il était possible de substituer aux Fe^{++} d'autres ions divalents comme Mg^{++}

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, 214, 1937, p. 766.

et Cu^{++} en chauffant simplement la magnétite et l'oxyde métallique correspondant. Cette méthode n'a pas permis à ses auteurs de réaliser un remplacement des ions ferriques par des ions trivalents comme Al^{+++} ou Cr^{+++}. Nous avons pu réaliser cette substitution par réduction à 400° par l'hydrogène d'oxydes mixtes $(FeAl)_2O_3$ ([2]). On sait que ces solutions solides sont beaucoup plus difficiles à réduire que le sesquioxyde de fer ([3]).

Nous avons étudié les magnétites substituées ainsi obtenues par les rayons X et par l'analyse thermomagnétique. Les diagrammes de la figure résument



nos expériences. Ils indiquent la variation du point de Curie et de l'arête du cube de la magnétite en fonction de la teneur en alumine du cristal mixte.

On constate une variation continue de la valeur du paramètre a qui passe de $a = 8,413$ Å à $a = 8,365$ Å pour la solution solide limite, tandis que le point de Curie s'abaisse de 575° à 535°. La substitution des ions Al^{+++} aux ions Fe^{+++} s'arrête lorsqu'un ion Fe^{+++} sur 7 environ a été remplacé.

Il y a lieu de remarquer que les sesquioxydes substitués, dont la teneur en alumine est inférieure à 10 %, donnent par réduction une phase homogène qui est la magnétite substituée correspondante, tandis que les sesquioxydes plus riches en alumine donnent un mélange à deux phases, l'une étant la magnétite substituée au maximum et l'autre de l'alumine cubique.

Nous avons constaté que l'on pouvait préparer d'une manière analogue des magnétites dans lesquelles les ions ferriques sont remplacés par des ions Cr^{+++}.

([2]) H. Forestier et G. Caudron, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1164.

([3]) F. Olmer, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1197.

La solution solide limite correspond dans ce cas au remplacement d'environ 1 ion Fe^{+++} sur 6.

L'oxydation à basse température de ces magnétites substituées conduit à une nouvelle famille de sesquioxydes cubiques de fer dont nous avons déterminé les paramètres cristallins et les points de Curie. Nous indiquerons ces valeurs dans une publication plus détaillée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultra-sons sur les suspensions aqueuses de sulfate de baryum.* Note (*) de Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud** et M. **Gustave Levavasseur**, présentée par M. Charles Mauguin.

Quand on examine au microscope électronique des précipités très fins, on observe que les particules sont agglomérées en amas plus ou moins volumineux. Nous avons cherché à disperser ces précipités à l'état de particules élémentaires à l'aide des ultra-sons (U.-S.) produits par un quartz piézoélectrique. Nous avons opéré sur des précipités de sulfate de baryum en particules cristallines d'environ 1000 Å en étudiant les trois facteurs : durée d'exposition aux U. S.; puissance, fréquence.

Les suspensions sont observées avec un néphélomètre muni d'un galvanomètre enregistreur.

La dispersion est définie par la différence entre les déviations du galvanomètre observées sur la solution initiale d'une part et sur la solution après passage aux U.-S. *Les résultats obtenus ont été contrôlés au microscope électronique.* Les ondes stationnaires nous ont donné une dispersion meilleure que celle obtenue par les ondes progressives. Les dispersions observées sont respectivement de 126 et de 51 (fréquence 940 Kc). Les expériences ont donc été poursuivies avec des ondes stationnaires.

1° *Influence du temps d'exposition.* — Les courbes de la figure 1 donnent les résultats relatifs à la fréquence 1600 Kc. Les préparations sont soumises au rayonnement par des expositions répétées de 1 minute (courbe a), de 3 minutes (courbe b), ou de 25 minutes consécutives (point c), séparées par des temps de repos. Après un repos de 15 heures on observe une réagglomération partielle. Après nouveau passage aux U.-S. par période de 3 minutes, on obtient les courbes a' et b' qui montrent une meilleure dispersion.

Avec les solutions fraîches (courbes a et b) et avec un mode opératoire déterminé, il est impossible d'améliorer la dispersion après un certain temps. C'est en opérant par périodes d'irradiation de 3 minutes que la dispersion est maximum ; c'est le mode opératoire adopté par la suite.

2° *Influence de la puissance.* — En utilisant une fréquence de 2880 Kc, on a

---

(*) Séance du 12 juillet 1948.

vérifié que la dispersion est, pour un temps donné, d'autant meilleure que la puissance est plus grande. En excitant le quartz avec des courants d'intensités

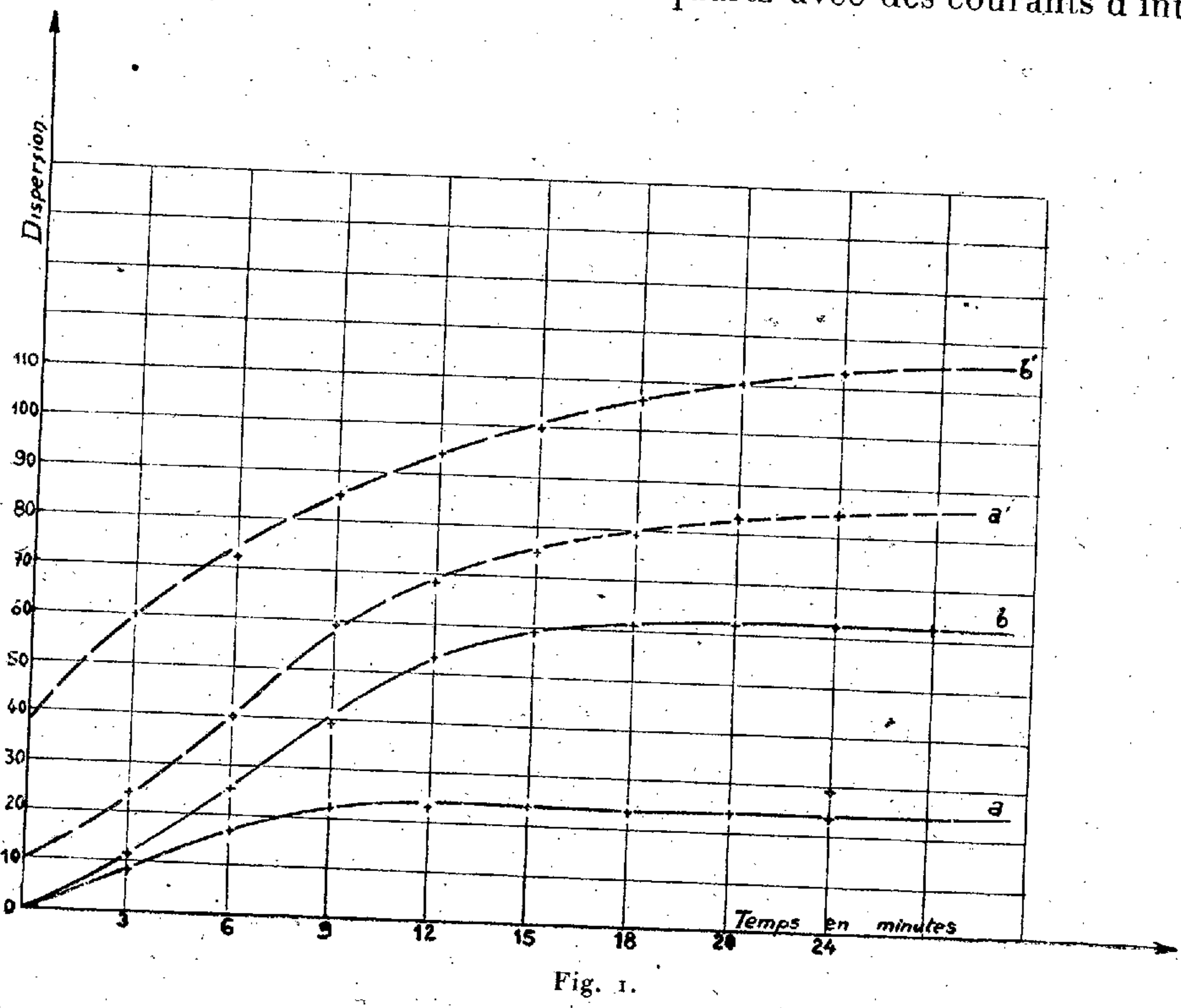


Fig. 1.

de 1,25 A, 1,60 A, 1,85 A, on note au néphélomètre des dispersions de 26, 33 et 51,5.

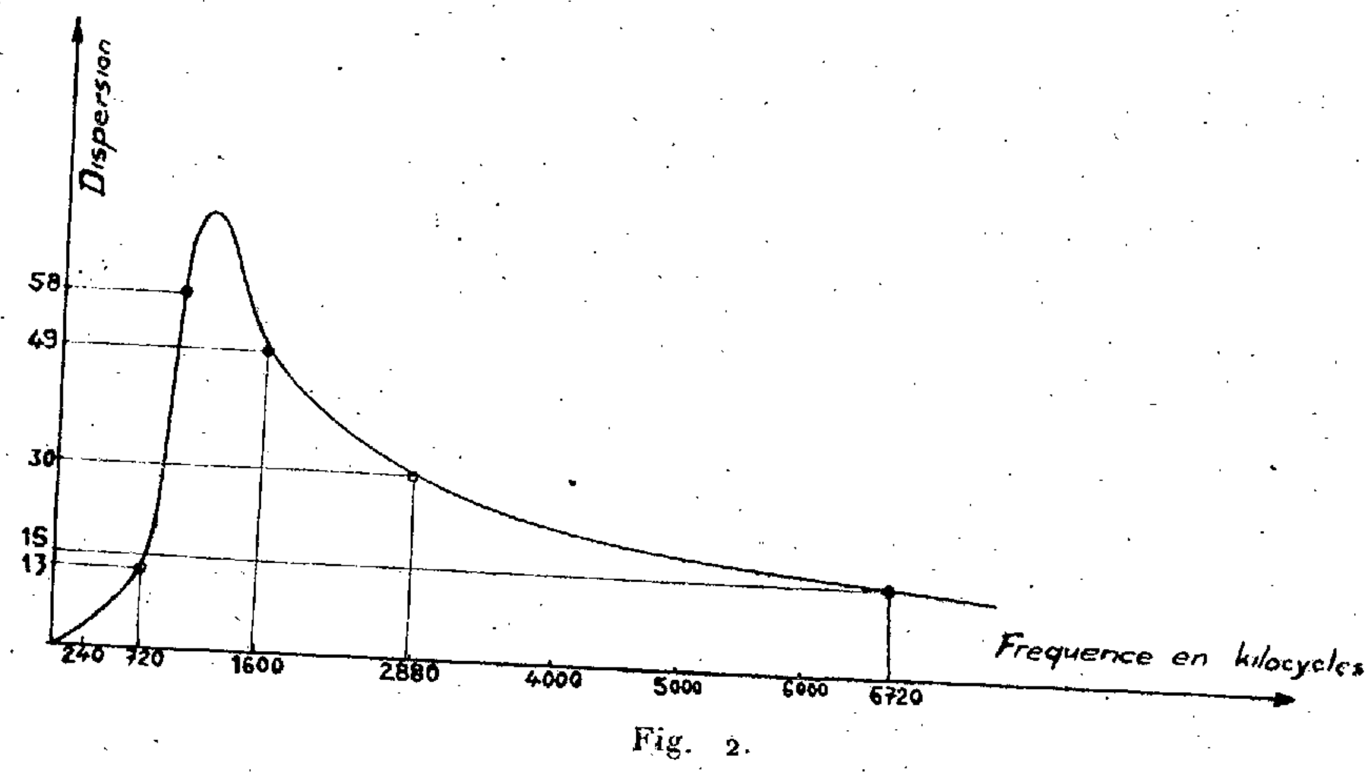


Fig. 2.

3° *Influence de la fréquence.* — On a choisi un temps d'exposition de 12 minutes (correspondant à peu près aux paliers des courbes 1 *a* et *b*). La dispersion en fonction de la fréquence est représentée par la courbe 2.

Remarque très importante : *il existe une fréquence optimum pour laquelle on obtient la meilleure dispersion. Pour des particules de sulfate de baryum d'environ* 1000 Å *de diamètre, cette fréquence se trouve entre* 960 *et* 1600, *très probablement vers* 1000 Kc. Si la taille des particules croît, la fréquence correspondant au maximum de dispersion est déplacée vers les fréquences plus basses.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'étude de l'acénaphtylène, du fluoranthène et du dinaphtylène par la méthode des orbitales moléculaires.* Note (*) de M. CAMILLE SÁNDORFY, présentée par M. Louis de Broglie.

Récemment, nous avons étudié ces trois corps [1] [2] à l'aide de la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie [3]. Nous avons insisté sur les difficultés auxquelles se heurte l'emploi rigoureux de la méthode, surtout à cause de l'impossibilité de choisir une série canonique de formules mésomères.

La méthode des orbitales moléculaires [4] fournit un autre procédé pour l'étude de ces corps.

Le tableau I renferme les charges (CH) et les valences libres (F_0) pour les

TABLEAU I.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	I.	II.
					Acénaphtylène.						
CH......	0,939	1,008	0,907	1,044	1,059	–	–	–	–	0,996	1,0
F_0......	0,424	0,356	0,427	0,071	0,428	–	–	–	–	0,046	0,1
F_M......	0,19	0,10	0,16	0,08	0,20	–	–	–	–	0,07	0,1
					Fluoranthène.						
CH......	0,960	1,005	0,944	1,025	1,030	0,999	1,012	–	–	1,000	1,0
F_0......	0,416	0,347	0,405	0,111	0,100	0,381	0,347	–	–	0,048	0,1
F_M......	0,23	0,11	0,22	0,11	0,16	0,17	0,16	–	–	0,11	0,2
					Dinaphtylène.						
CH......	0,968	1,004	0,961	1,026	1,029	0,992	1,005	0,995	1,000	0,997	1,0
F_0......	0,421	0,378	0,400	0,100	0,095	0,445	0,056	0,404	0,357	0,051	0,1
F_M......	0,23	0,12	0,22	0,09	0,15	0,21	0,13	0,16	0,15	0,09	0,1

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1288-1290.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1611-1613.

(3) R. DAUDEL et A. PULLMANN, *Journ. de Physique*, 7, 1946, p. 59, 74, 105.

(4) *Voir* par exemple C. A. COULSON et H. C. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, A **191**, 1947, p. 40.

divers sommets de ces molécules. Les F_M sont les indices de valence libre de mésomérie obtenus précédemment.

Le Tableau II permet la comparaison des ordres de liaison (B. O.) et des indices de liaison de mésomérie (i).

TABLEAU II.

	1-2.	2-3.	3-4.	4-5.	5-6.	6-7.	7-8.	8-9.	1-I.	I.-II.	4-I.	5-5'.	7-7'.	9-9'.
						Acénaphtylène.								
....	0,705	0,619	0,634	0,463	–	–	–	–	0,551	0,532	0,512	0,789	–	–
....	0,48	0,42	0,42	0,21	–	–	–	–	0,33	0,27	0,29	0,59	–	–
						Fluoranthène.								
....	0,711	0,622	0,653	0,397	0,620	0,679	–	–	0,553	0,526	0,519	0,563	0,654	–
....	0,45	0,45	0,34	0,26	0,39	0,45	–	–	0,32	0,25	0,28	0,19	0,39	–
						Dinaphtylène.								
....	0,710	0,622	0,658	0,400	0,673	0,562	0,555	0,721	0,549	0,531	0,522	0,512	0,507	0,602
....	0,44	0,44	0,34	0,27	0,43	0,36	0,35	0,49	0,33	0,25	0,28	0,15	0,16	0,36

On voit que dans l'ensemble, l'accord entre les ordres de grandeur obtenus par les orbitales moléculaires et par l'approximation de mésomérie est très satisfaisant.

Plus la molécule devient grande, plus les charges s'approchent de l'unité. Les valences libres montrent que les sommets α des noyaux de naphtalène restent les plus réactifs, mais le sommet 3 quoique en position β s'associe à eux. La déformation du noyau de naphtalène qui figure dans les trois corps ne dépend pas beaucoup de la grandeur de l'autre partie des molécules.

En observant la distribution des charges dans les différentes orbitales moléculaires (que nous ne pouvons pas reproduire ici), on aperçoit que pour chacun des trois corps, il y a des orbitales où toute la charge est concentrée aux sommets 2, 3, I, II, 2' et 3', c'est-à-dire où toute une partie des molécules (même dans le dinaphtylène) est entièrement dépourvue d'électrons π.

Or, si l'on réussit à trouver une raie spectrale dont la longueur d'onde corresponde à une transition entre deux tels états, ceci permettrait la localisation de cette transition dans le naphtalène auquel appartiennent les dits sommets. Une transition dont l'état initial serait un tel état permettrait une semi-localisation. Ces faits pourraient gagner d'importance si de tels états pouvaient être trouvés chez des corps renfermant également deux parties partiellement indépendantes.

Chez ces transitions *localisées*, une partie de la molécule prête ses électrons à l'autre, et ceci doit conduire à l'accroissement de la probabilité de ces transitions. Ce serait une interprétation possible des courbes d'absorption de certains complexes métalliques ([5]) où même la bande propre du métal se hausse par suite de la formation du complexe. La possibilité de telles interprétations est d'ailleurs donnée par l'existence même d'orbitales moléculaires.

([5]) A. KISS et D. CZEGLÉDY, *Z. anorg. allg. Chem.*, 235, 1938, p. 407.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'hydrolyse du nitrate de plomb.* Note (*) de MM. **Max Geloso** et **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous nous proposons d'exposer ici le résultat de nos recherches sur la constitution des ions basiques qui prennent naissance au cours de l'hydrolyse du nitrate de plomb.

Considérons un ion simple A^{z+} susceptible de former, par hydrolyse, un ion basique n fois condensé $\{A(OH)_m\}_n^{+y}$ et désignons cet ion par le symbole $\mathcal{A}_n^{y+}$. L'hydrolyse s'écrit :

$$nA^{z+} + pH_2O \rightleftharpoons \mathcal{A}_n^{y+} + H^+,$$

et obéit à la relation :

$$(1) \qquad \frac{[\mathcal{A}_n^{y+}][H^+]^q}{[A^{z+}]^n} = k,$$

où les quantités entre crochets représentent les activités de chaque espèce d'ion. A force ionique constante et suffisamment élevée, on est en droit de confondre activités et concentrations. La relation (1) fournit alors une constante *apparente* K de l'hydrolyse, pour la force ionique μ considérée.

Soit c la concentration du sel à l'origine. Par un raisonnement analogue à celui établi par P. Souchay (¹), on peut poser, à l'équilibre

$$[\mathcal{A}_n^{y+}] = \frac{[\overset{+}{H}]}{q}, \qquad [A^{z+}] = c - \frac{n[\overset{+}{H}]}{q} \approx c, \qquad \text{d'où} \quad [\overset{+}{H}] = \sqrt[q+1]{Kc^n},$$

ou encore

$$\log[\overset{+}{H}] = \frac{n}{q+1}\log c + \frac{1}{q+1}\log K.$$

Par dilution, une variation de la concentration en ions $\overset{+}{H}$ se produit, qui s'exprime par la relation différentielle

$$(2) \qquad \frac{dpH}{d\log V} = \frac{n}{q+1}.$$

Des recherches récentes (²) et (³) sur l'hydrolyse du nitrate de plomb conduisent à des résultats dont la divergence peut être attribuée aux conditions opératoires. Dans ces mesures, en particulier, une impureté de 10^{-5} ion $\overset{+}{H}$ par litre est du même ordre de grandeur que l'effet de l'hydrolyse.

Nous avons constaté qu'il convient de porter toute son attention sur la purification des sels employés, sur l'attaque possible du verre des récipients et tout spécialement sur les perturbations dues à la dissolution du gaz carbonique de

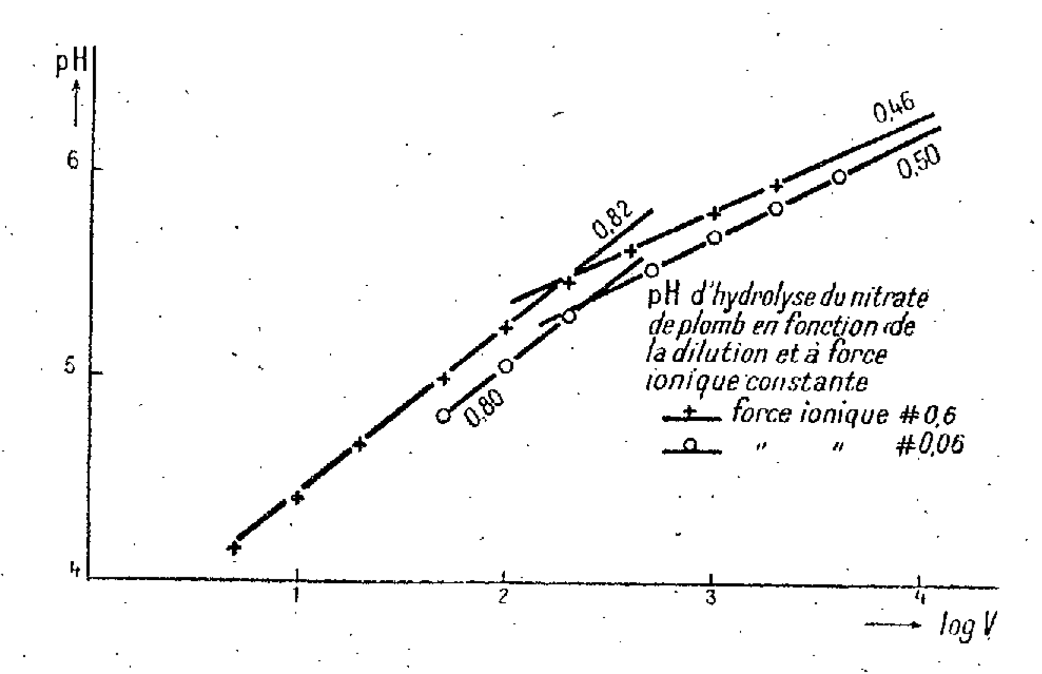
(*) Séance du 28 juin 1948.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 3-4, 1948, p. 463.

(²) Cranston-Brown, *J. Roy. Techn. Coll. Glasgow*, 4, 1937, p. 54.

(³) K. J. Pedersen, *D. Kgl. Danske. Vid.*, V, 22, 1945, p. 10.

l'air. Du nitrate de plomb *pur pour analyse* est dissous à chaud ([4]) dans une faible quantité d'acide nitrique N/100 et filtré. La cristallisation est produite rapidement par refroidissement et avec agitation afin d'obtenir des microcristaux. Cette opération est recommencée au moins cinq fois jusqu'à obtention d'un sel qui, en solution aqueuse de concentration M/10, accuse un pH identique (4,43), après deux cristallisations successives. Le produit essoré, lavé ou non à l'alcool, est séché sur chlorure de calcium. Pour une première série de mesures, on prépare en flacon paraffiné et sous azote une solution 2.10^{-1} M de nitrate de plomb. La liqueur de dilution est une solution de même concentration de nitrate de baryum, purifié avec les mêmes précautions et séché à 50°. Dans ces conditions, toutes les dilutions ont la même force ionique $\mu \approx 0,6$. Une seconde série d'expériences est effectuée sur des solutions de force ionique $\mu \approx 0,06$. Les mesures sont prises à l'électrode de verre sous barbotage d'azote, à 20° C.



Les points figuratifs se situent, *en première approximation* et pour chacune des séries d'expériences, sur deux droites concourantes dont les pentes sont très voisines de 0,8 et 0,5, ce qui d'après la relation (1) correspond à $n = 4$ et $n = 1$.

L'hydrolyse du nitrate de plomb donne donc lieu à deux équilibres distincts suivant la concentration

$$(a) \qquad 4\,Pb^{++} + 4\,H_2O \rightleftharpoons \{PbOH\}_4^{++++} + 4\,H^+,$$

$$(b) \qquad Pb^{++} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+.$$

Pour $c > 1.10^{-2}$, il y a prédominance en solution des ions *tétracondensés* correspondant à l'équilibre (a).

Pour $c < 5.10^{-3}$ prédominance des ions *monomères* correspondant à l'équilibre (b).

([4]) La température ne doit pas excéder 70° pour éviter la formation partielle d'ions basiques.

Pour $10^{-2} > c > 5.10^{-3}$ il est à préjuger que les ions *tétra* et *mono* existent à des concentrations du même ordre de grandeur.

Ces résultats montrent en outre que l'état de condensation des ions basiques est indépendant de la force ionique de la solution et confirment les résultats que l'un de nous a obtenus, en collaboration avec R. Schaal [5], par une méthode différente d'investigation.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Discontinuité d'absorption* K *de rayons* X *du cuivre dans les alliages aluminium-cuivre aux différents stades de précipitation.* Note [*] de Mme **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le mécanisme de la précipitation dans les alliages Al-Cu à 4 % Cu a été étudié par M. A. Guinier [1] qui a précisé les différents stades de ce phénomène :

1° Phase ω : durcissement à la température ordinaire survenant quelques jours après la trempe de l'échantillon [formation d'amas plans de cuivre parallèlement aux faces (100) du cube élémentaire].

2° Phase ω ordonnée : après recuit à 182° pendant environ 24 heures, les amas grossissent et s'organisent avec alternance, dans le précipité, de plans chargés de cuivre et de plans d'aluminium.

3° Phase θ' : après recuit à 240° pendant environ 18 heures, il apparaît une nouvelle phase, instable, de composition Al_2Cu et dont la structure cristalline, égèrement quadratique, est du genre CaF_2.

4° Phase θ (Al_2Cu) : après recuit à 380° pendant environ 17 heures, il se forme une nouvelle structure quadratique stable.

L'environnement de l'atome de cuivre est bien différent dans chaque cas : dans les amas plans, les atomes de cuivre n'ont de voisins cuivre que dans leur propre plan; dans la phase θ', les plus proches voisins des atomes de cuivre sont des aluminiums (distance Cu — Al : 2,49 Å); dans la phase θ, les atomes de cuivre se rapprochent jusqu'à 2,43 Å suivant l'axe [001], tandis que les aluminiums les plus proches sont à 2,52 Å des atomes de cuivre.

Le but de ce travail était de suivre la variation des franges au voisinage de la discontinuité d'absorption du cuivre au cours de ces modifications. Malgré la faible proportion de cuivre présent dans l'alliage (4 % en poids, soit 1,74 % en atomes), il a été possible d'observer très nettement les systèmes de franges des divers précipités au moyen du spectrographe à focalisation (méthode de Mlle Y. Cauchois). Le spectrographe était équipé avec une lame de quartz mince taillée perpendiculairement à l'axe optique et courbée sur un rayon

(5) J. Faucherre, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 10, 1947, p. 927.

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) *Journal de Physique*, VIII, 3, 1942, p. 124.

de 20^cm. Les franges ont été observées en deuxième ordre sur la réflexion $10\bar{1}0$.

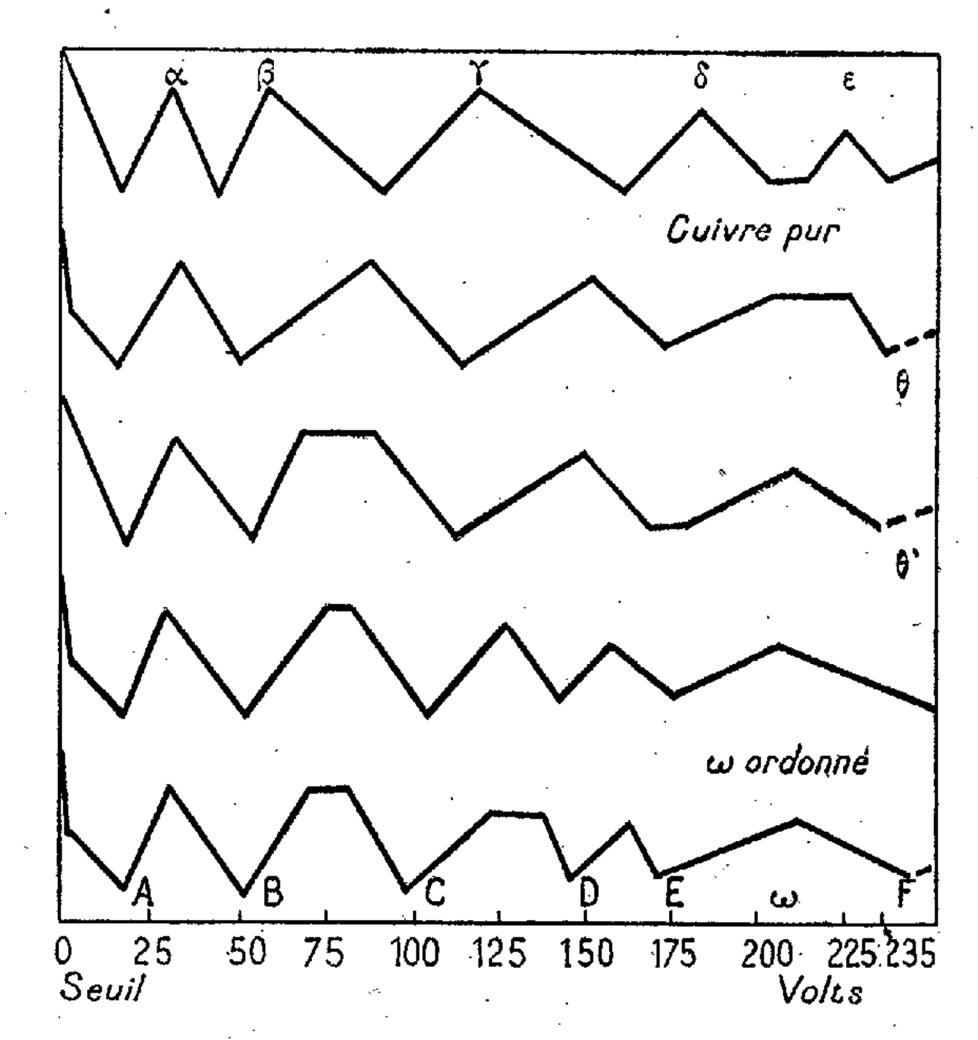
Chacune des phases ω, θ′ et θ présente un système de franges particulier, différent de celui du cuivre (voir tableau).

TABLEAU. — *Distance des franges au seuil d'absorption* (en électron-volts).

Frange.	ω.	ω ordonné.	θ′.	θ.	Cuivre.
A......	18	18	19	16	18
α......	30	30	32	34	33
B......	51	53	54	52	45
β......	72	76	69	–	59
β′......	83	84	90	89	–
C......	98	104	114	114	92
γ......	125	128	–	–	121
γ′......	136	–	–	–	–
D......	145	143	–	–	161
δ......	162	158	151	153	185
E......	171	174	165	174	202
E′.....	–	–	179	–	215
ε......	210	207	210	207	226
ε′......	–	–	–	226	–

A, B, ..., maxima d'absorption (blancs du cliché); α, β, ..., minima d'absorption (noirs du cliché).

Le seuil de la discontinuité a été déterminé par la position du point d'inflexion de la chute d'absorption. Celle-ci semble s'opérer en deux temps comme celle



Représentation schématique des franges
au voisinage de la discontinuité d'absorption du cuivre. (Phases Al_2Cu.)

du cuivre, mais dans cette première série d'expériences la brisure n'est pas toujours très nette; toutefois, il n'a pas été noté de déplacement du seuil excédant la limite de précision des observations (± 2 électron-volts), sauf peut-être un léger décalage vers les petites énergies pour θ'. La largeur totale de la discontinuité d'absorption est du même ordre que celle du cuivre; elle semble s'agrandir légèrement pour la phase θ'.

Le premier minimum d'absorption A est peu marqué dans le cuivre, il est mieux indiqué dans les phases θ et θ', et nettement plus creusé dans les phases ω, sans qu'il s'agisse là à proprement parler d'une raie blanche. Mais ce qui est remarquable, c'est que, dans tous les cas la position de ce minimum A et celle du maximum suivant α ne varient pas, aux erreurs expérimentales près. *On note donc pour toutes les phases la même disposition de structure que pour le cuivre jusqu'à environ* 35-40 *électron-volts du seuil.*

Si l'on examine la position des maxima et minima successifs jusqu'à environ 220 électron-volts du seuil (Tableau), on voit que les structures fines de ω et ω ordonné ont encore quelque ressemblance avec celle du cuivre, tandis que *le système de franges de phase* θ *est presque en opposition avec celui du cuivre*. Les franges de θ' sont en quelque sorte intermédiaires entres celles de θ et celles de ω, plus proches dans l'ensemble de celles de θ. Il y a peu de différences entre ω et ω ordonné, l'ordre à petite distance étant en somme le même dans les deux cas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption et fixation de la soude caustique des lessives par la cellulose régénérée de viscose.* Note (*) de MM. **André Bréguet**, **Robert Viatte** et **Henri Perra**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

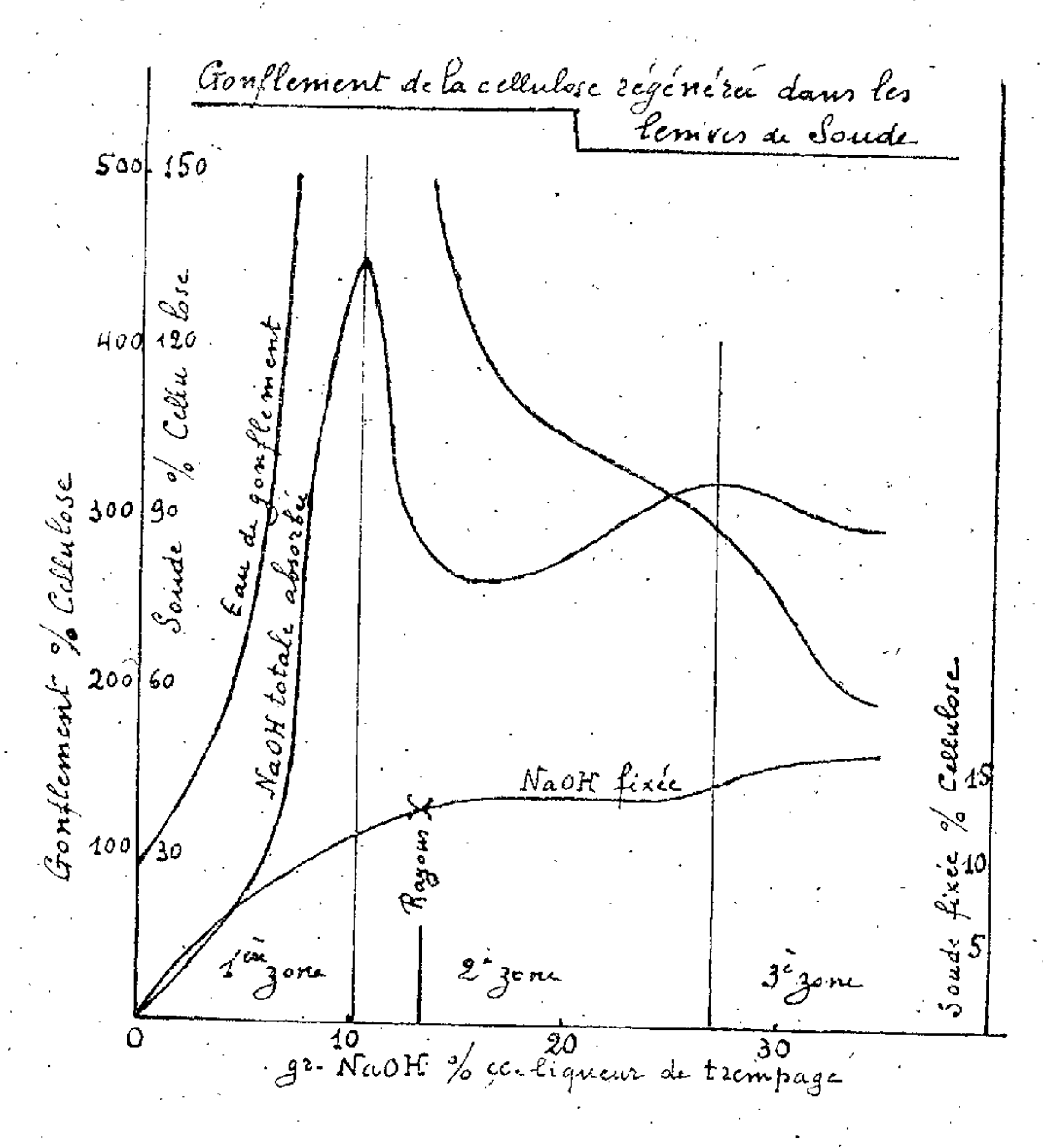
Dans une précédente Note nous avons exposé les phénomènes de gonflement de la cellulose native dans des lessives de soude de concentration croissante. Présentement, la méthode de centrifugation a servi à l'étude du gonflement des fibres de cellulose régénérée de viscose. La matière utilisée était un fil à haute ténacité, ayant subi un fort étirage en filature. La cellulose de ce fil provenait de la même pâte de linters que celle étudiée dans notre première Note.

La cellulose régénérée gonfle beaucoup plus et absorbe davantage de soude caustique que la cellulose native, dans une lessive de concentration déterminée. La courbe de gonflement par l'eau accuse un maximum très aigu pour une concentration de lessive de 10,25 % $NaOH$ en volumes, soit 9,3 % en poids. A ce point, le fil se désagrège complètement et une partie de la cellulose se disperse dans la lessive. La courbe de la soude absorbée présente deux maxima.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

Le premier correspond au maximum de gonflement; le second se situe à la concentration 27,15 % NaOH en volume de la lessive (environ 21,90 % en poids). Entre les deux, il existe un minimum pour une concentration de lessive de 16,10 % NaOH en volumes (13,97 % en poids). Il devient possible de distinguer trois zones de gonflement délimitées par les deux maxima de soude absorbée.

On constate que le phénomène est réversible dans la première zone, ainsi qu'entre la deuxième et la première zone; mais il devient irréversible à l'intérieur de la troisième zone et entre la troisième et la deuxième zone. Autrement dit, la fibre régénérée, d'abord traitée par une lessive de soude de concentration supérieure à 21,90 %, gonfle ensuite moins et absorbe moins de soude qu'elle ne le ferait normalement, lorsqu'on la replonge dans une lessive de concentration plus faible en NaOH.



Un tel comportement confirme la différence profonde entre la structure surmoléculaire des fibres cellulosiques régénérées de viscose et celle des fibres natives. Pour expliquer l'allure de ce phénomène de gonflement, on est obligé d'admettre avec Neale (1) que : 1° certains groupes hydroxyles de la molécule cellulosique se comportent comme un acide faible, en donnant avec une base forte telle que la soude un sel de sodium ionisable. C'est une réaction équilibrée.

(1) *J. Text. Inst.*, 20, 1929, p. 373; 21, 1930, p. 225.

2° Dans la lessive sódique, la cellulose fonctionne comme une membrane perméable à l'eau et à l'alcali. On a un équilibre de Donnan.

Enfin, il faut considérer que la soude absorbée par la fibre représente la somme : *a.* de celle qui forme le sel cellulose-sodium ionisé; *b.* de la quantité excédentaire déterminée par l'équation de Donnan.

La première zone des courbes correspond probablement à la partie amorphe, très accessible de la fibre où la pression osmotique à l'intérieur de la fibre croît très vite et entraîne un fort gonflement qui, vers la concentration de 10 % NaOH, devient suffisant pour rompre les liaisons secondaires entre chaînes moléculaires, et déformer les régions cristallines. Dans la 2e et la 3e zone il y a une augmentation de la pression osmotique de la solution extérieure plus rapide que dans le gel de cellulose : d'où résulte un dégonflement.

Nous avons calculé, pour chaque concentration de la lessive de trempage, la quantité de NaOH fixée par la méthode de Vieweg. Elle présente un palier net entre les concentrations 12,3 et 20,4 % NaOH. Ce palier correspond sensiblement au composé de formule $(C_6H_{10}O_5)_2.NaOH$. Il s'amorce de suite après le maximum de gonflement. La cellulose régénérée est donc apte à fournir une combinaison sodique dans des lessives de concentration moindre (12,3 %) que celle exigée par la cellulose native (14,4 %).

Il est intéressant de constater que les paliers des courbes Vieweg se terminent à la même concentration de lessive (20,4 % NaOH) tant dans le cas de la cellulose native que dans celui de la cellulose régénérée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la véritable formule de l'axérophtène.* Note (*) de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

On a longtemps désigné du nom impropre de *cyclisation*, la transformation que subit la vitamine A (axérophtol) sous l'influence des acides.

C'est en 1943 (juin) qu'a été établie la structure de cette vitamine A dite « cyclisée » [1], en réalité *déshydratée*. Nous avons proposé le nom d'*axérophtène* pour désigner ce nouveau carbure d'hydrogène $C_{20}H_{28}$, très voisin de l'axérophtol $C_{20}H_{30}O$. La même année, les Américains Shantz, Cawley et Embree [2] ont réussi à faire cristalliser ce même produit qu'ils ont très justement appelé *anhydro-vitamine* A, sans toutefois faire un choix entre trois formules de constitution, donnant leur préférence à une formule à cumulène terminal, donc différente de la nôtre.

Récemment, Karrer et Schwyzer [3] ont adopté pour représenter l'anhydro-

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) P. Meunier, R. Dulou et Mlle A. Vinet, *Comptes rendus*, **211**, 1943, p. 907; voir aussi *Bull. Soc. Chim. biol.*, **25**, 1943, p. 371-378.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **63**, 1943, p. 901.

(3) *Helv. Chim. Acta*, **31**, 1948, p. 1055-1062.

vitamine A la formule de structure que nous avions établie en 1943. Malheureusement, ces derniers emploient notre expression d'axérophtène, non pas pour l'anhydro-vitamine A elle-même, comme nous l'avions fait, mais pour son produit d'hydrogénation à 5 doubles liaisons conjuguées seulement, le dihydro-axérophtène. Selon nous, cela entraîne une confusion qu'il importe de ne pas laisser s'établir, d'autant que l'anhydro-vitamine A a été reconnue active au point de vue biologique [cf. (2) et (4)], au même titre que son produit d'hydrogénation, comme l'annonce Karrer (3).

CH₃ CH₃ ... C=CH CH=C CH=CH CH=C CH=CH₂ (CH₃ ×4)

Axérophtène des auteurs français (1943), appelé anhydro-vitamine A par les auteurs américains en 1943 et par Karrer en 1948.

CH₃ CH₃ ... C—CH=CH C=CH CH=CH—C=CH CH₃ (CH₃ ×4)

Axérophtène de Karrer (1948).

Il nous faut faire remarquer aussi que nous avons, dès 1943, préparé l'anhydro-vitamine A à partir de la vitamine A sans employer le traitement acide, comme il était courant de le faire avant nous. Notre procédé par bromuration, puis substitution de l'iode au brome, puis enlèvement de l'iode paraît plus simple que le passage par l'ester paratoluol sulphoné selon Karrer (3).

Quant au caroténoïde qui se forme en même temps que l'anhydro-vitamine dans le procédé utilisé par Karrer, et qui est considéré par ce dernier comme *probablement identique au β-carotène*, il nous paraît plutôt identique au corps obtenu par Ender (5) en 1932 à l'état cristallisé, après traitement de la vitamine A par le trichlorure d'antimoine. Nous avons eu l'occasion nous-même de reprendre l'étude du composé d'Ender : nous avons établi en 1944 (6) qu'il ne pouvait s'agir que de l'éther-biaxérophtilique, résultant de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'axérophtol.

---

(4) P. MEUNIER, Mme GUÉRILLOT-VINET, J. JOUANNETEAU et MICHEL GOUREVITCH, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 128-130.

(5) *Biochemical Journal*, **26**, 1932, p. 1118.

(6) P. MEUNIER et Mlle A. VINET, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 141.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quinols méso α-furylés de l'anthracène. Attaque du noyau furannique chez le dérivé mésophénylé α-furylé.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Raymond Brisson**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons déjà indiqué, pour deux quinols méso α-furylés dihydroanthracéniques, que les alcools méthylique et éthylique en présence de la solution chlorhydrique concentrée du commerce ne donnaient pas les éthers-oxydes correspondants, mais des produits jaunes à structure purement anthracénique. Cette anomalie avait été constatée en particulier sur le monoéther méthylique (II) du diquinol mésophénylé α-furylé (I). Nous avons voulu généraliser la réaction au diquinol (I) lui-même, que nous avons préparé à cette occasion, et à quelques autres de ses éthers-oxydes, puis déterminer la structure des produits obtenus.

Ce diquinol, le phényl-9 furyl-10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène, $C_{24}H_{18}O_3$, cristaux incolores, F_{inst} 204°, s'obtient facilement par action du bromure d'α-furylmagnésium sur la phényl-9 hydroxy-9 anthrone-10. Les éthers-oxydes méthylique et éthylique ont été préparés à partir du diquinol (I) par action de l'iodure de méthyle ou d'éthyle, en présence de potasse pulvérisée; on obtient un seul stéréo-isomère, F_{inst} 249°, pour le diéther-oxyde méthylique, $C_{26}H_{22}O_3$ (III), mais les deux diéthers-oxydes éthyliques stéréo-isomères $C_{28}H_{26}O_3$ (IV), F_{inst} 186° et 246°.

L'action de l'acide chlorhydrique aqueux a été essayée à froid sur le diquinol (I) et ses éthers-oxydes (II, III, IV) dissous dans l'éther ordinaire (débarrassé d'éthanol), mélangé respectivement avec les alcools méthylique, éthylique et benzylique; l'éther ordinaire ne prend pas part à la réaction : il n'intervient que comme diluant.

D'après les essais, qui sont détaillés ci-dessous, on arrive à la conclusion qu'il y a départ des oxhydryles en méso, pour le diquinol, ou des alcoxyles, pour les éthers-oxydes, avec apparition de la structure anthracénique et ouverture simultanée du cycle furannique. Quel que soit le produit de départ, on aboutit aux éthers-sels d'un acide β-γ énolique : le (phéno-9′ anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oïque (V). Ces éthers-sels, colorés en jaune, correspondent à l'alcool (méthylique, éthylique ou benzylique) au sein duquel s'est faite la réaction. Ester méthylique, $C_{25}H_{20}O_3$ (VI), F_{inst} 169°; ester éthylique, $C_{26}H_{22}O_3$ (VII), F_{inst} 136°; ester benzylique, $C_{31}H_{24}O_3$ (VIII), F_{inst} 145°.

Les structures proposées s'accordent avec les faits suivants :

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) A. Étienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1775.

Il n'y a pas eu de migration sur les benzos extérieurs de l'anthracène et seul le reste furylique en méso a été affecté par la réaction; en effet, l'oxydation chromique des produits obtenus donne, avec de bons rendements, la phényl-9 hydroxy-9 anthrone-10.

Les résultats de l'analyse centésimale et fonctionnelle (H mobile et alcoxyle) et l'allure anthracénique du spectre d'absorption sont bien conformes aux structures proposées.

La présence d'une fonction éther-sel est démontrée par la saponification des trois dérivés en un seul et même acide; le (phéno-9' anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oïque, $C_{24}H_{18}O_3$ (V), $F_{inst} = 217°$, titrable à la phtaléine. Le retour aux trois éthers-sels initiaux, méthylique, éthylique et benzylique (VI), (VII), VIII) se fait également par estérification à la manière habituelle. De plus, chacun des trois esters, traité par un alcool en présence de HCl, subit l'alcoolyse en l'ester correspondant à l'alcool utilisé.

La présence d'une fonction oxhydryle décelable par les magnésiens (un H mobile pour les esters et deux pour l'acide) oblige à admettre l'existence d'une forme énolique; celle-ci semble stable et ne paraît également pas réagir sous la forme cétonique tautomère avec les réactifs habituels des cétones (semi-carbazide, dinitrophénylhydrazine).

C_6H_5 OR_2 ; 9 ; 10 ; OR_1 ; O

(I) $R_1 = R_2 = H$
(II) $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$
(III) $R_1 = R_2 = CH_3$
(IV) $R_1 = R_2 = C_2H_5$

C_6H_5- (anthracène) $-$ { $-C(OH)=CH-CH_2-C(=O)OR$

(V) $R = H$
(VI) $R = CH_3$
(VII) $R = C_2H_5$
(VIII) $R = CH_2C_6H_5$

$-C(OH)=CH-CH_2-C(C_6H_5)(C_6H_5)-OH$ (IX).

(X a). $\rightleftharpoons$ (X b).

L'action des magnésiens s'accorde également avec l'existence d'une fonction éther-sel d'acide β-γ-énolique; ainsi le bromure de phénylmagnésium donne avec les trois éthers-sels considérés un seul et même corps : le (phéno-9' anthranyl)-4 diphényl-1.1-butène-3 diol-1.4, $C_{36}H_{28}O_2$ (IX), cristaux jaunes, F_{inst} 229°.

Une autre vérification de la structure (V) proposée pour l'acide est la

transformation de ce corps par le bisulfate de potassium, en (phéno-9' anthranyl)-2 hydroxy-5 furanne, $C_{24}H_{16}O_2$ (X), cristaux jaunes, F_{inst} 248° : il y a cyclisation par élimination d'eau avec formation de la lactone (X *b*), tautomère du dérivé hydroxyfurannique (X *a*). Il est à noter que ce dernier corps a été obtenu également par l'action de HCl aqueux, sans alcool, sur le quinol (I), dans une étude en cours.

L'acide (V) peut être comparé à un acide lévulique δ-substitué, mais dans lequel le carbone terminal serait inclus en méso dans un enchaînement anthracénique. Cette particularité pourrait être la cause de la stabilité inattendue de la forme énolique en β-γ par rapport à la forme γ-cétonique tautomère.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline du piazthiol.* Note (*) de M. **Victorio Luzzati**, présentée par M. Charles Mauguin.

Après avoir déterminé la structure cristalline du piasélénol [1], nous avons entrepris l'étude du piazthiol, dont la formule chimique est représentée sur la figure ci-contre.

Le piazthiol, comme le piasélénol, nous a été remis par M. Louis Peyron, de l'Institut Pasteur de Paris.

Les cristaux de piazthiol sont isomorphes de ceux de piasélénol, avec les paramètres suivants

$$a = 12{,}60\ \text{Å}, \qquad b = 12{,}15\ \text{Å}, \qquad c = 3{,}85\ \text{Å}.$$

(Système orthorhombique, groupe de symétrie P_{na}-C_{2v}^9-4 molécules dans la maille élémentaire.)

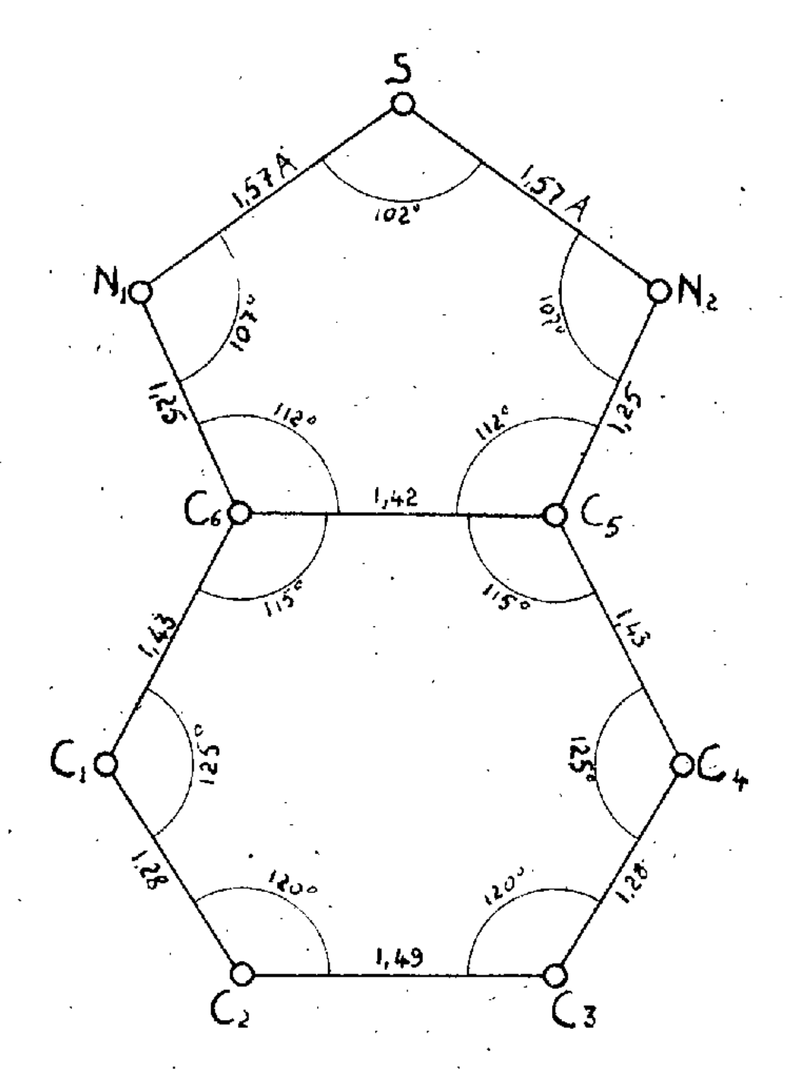
La projection de la densité électronique $\rho(x, y)$ a été calculée par synthèse de Fourier, et les coordonnées z des atomes par la méthode d'essai et erreur. La molécule est plane, à quelques degrés près; elle possède un plan de symétrie perpendiculaire au plan xOy, et l'angle entre le plan de la molécule et le plan xOy est très voisin de 23°. La précision des calculs est ici supérieure à celle obtenue dans le cas du piasélénol, et l'on a pu observer une déformation très sensible de l'anneau benzénique. Les distances interatomiques sont portées sur la figure ci-contre. En raison de l'incertitude dans les coordonnées z, la valeur absolue des distances interatomiques peut comporter une erreur atteignant quelques centièmes d'angström, mais les rapports des distances entre elles sont corrects.

La figure qui accompagne la Note sur la structure cristalline du piasélénol [1] peut servir pour le piazthiol, dont la maille élémentaire est presque

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 738.

identique. [Dans cette figure on a tracé par erreur les plans $x = 1/4$ et $x = 3/4$ comme des plans miroirs avec glissement $1/2\ b$: il s'agit en réalité de plans miroirs avec glissement $1/2\ (b + c)$.]



Dans le tableau suivant sont portées les coordonnées des atomes.

	S.	N_1.	N_2.	C_1.	C_2.	C_3.	C_4.	C_5.	C_6.
$\frac{x}{a}$ . . .	0,446	0,388	0,356	0,214	0,125	0,107	0,178	0,280	0,297
$\frac{y}{b}$ . . .	0,361	0,476	0,274	0,520	0,483	0,360	0,294	0,332	0,449

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de l'Oxfordien dans la zone des collines sous-vosgiennes de la Basse-Alsace.* Note de M. **Jules Schirardin**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai signalé (1) l'existence d'une série complète d'assises du Callovien dans la Basse-Alsace. Dans cette même région, notamment dans le Champ de fracture de Barr, j'ai constaté la présence d'autres affleurements d'âge oxfordien indiscutable. Il s'agit d'un certain nombre de gisements isolés, masqués par des alluvions et des déblais de pente, dont il n'est toujours pas facile d'établir les relations stratigraphiques.

Ils se rangent sans difficulté dans l'Oxfordien inférieur et moyen. Les uns comprennent les zones à *Quenstedticeras prælamberti* Douv. et à *Quenstedticeras*

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 415.

lamberti Sow. D'autres, à la partie supérieure de la série reconnue, se rapportent aux zones à *Quenstedticeras mariæ* d'Orb. et à *Cardioceras præcordatum* Douv. Par contre les zones de l'Oxfordien supérieur à *Cardioceras suessi* Siem. et à *Cardioceras cordatum* Sow. n'ont pu être observées jusqu'à maintenant.

La limite inférieure est nette : après le fort développement des faciès marno-calcaires du Callovien, la base de l'Oxfordien marque en effet un retour à la sédimentation argileuse dominante.

Oxfordien inférieur. — Purement argileuses à la base, les assises se chargent de plus en plus de calcaire et deviennent au sommet des marnes pétries de nodules marno-calcaires. Deux faciès alternent dans les parties inférieures, celui des argiles et marnes à Foraminifères et un autre avec des marnes à fossiles pyriteux (faciès des marnes à *Renggeri* du Jura). Le deuxième faciès apparaît encore plus haut alternant avec les formations marno-calcaires du sommet. Le détail des couches est, de bas en haut, le suivant :

I. *Zone à Quenstedticeras prælamberti Douv.* :

1° Argile à *Nucula;* argile gris foncé avec *Nucula inconstans* Rœder, *cæcilia* d'Orb., *Dacryomya acuta* Merian et des Foraminifères.

2° Alternance d'argiles marneuses gris foncé à Foraminifères et de marnes grumeleuses grises à Ammonites pyriteuses. Les marnes renferment *Quenstedticeras prælamberti* R. Douv., *brasili* R. Douv., *henrici var. cailleti* V. Maire, *Creniceras renggeri* Opp., *Peltoceras aff. athletoides* Lah., *Hecticoceras bonarellii* de Lor., *suevum* Bonar., *Perisphinctes bernensis* de Lor., *Hastites hastatus* Blainv. et *Aulacothyris bernardiana* d'Orb.

II. *Zone à Quenstedticeras lamberti Sow.* :

3° Argiles marneuses à Foraminifères et *Balanocrinus pentagonalis* Goldf.

4° Marnes argileuses grises avec de rares nodules calcaires, fossiles en calcaire : *Hastites hastatus* Blainv., *Belemnopsis latesulcatus* d'Orb., *sauvanausus* d'Orb., *Aptychus sp.*, *Pecten subfibrosus* d'Orb., *vitreus* Rœm., *Aulacothyris impressa* Bronn. Ce niveau alterne avec des marnes à Ammonites pyriteuses qui renferment *Quenstedticeras lamberti* Sow., *Creniceras renggeri* Opp., *Hecticoceras bonarellii* de Lor., *chatillonense* de Lor., *Perisphinctes bernensis* de Lor., *girardoti* de Lor., *Taramelliceras richei* de Lor., *Arca concinna* Phill.

5° Marnes grises riches en nodules marno-calcaires, fossiles en calcaire, intercalation de niveaux à fossiles pyriteux. *Quenstedticecas lamberti* Sow., *lamberti var. macer* Quenst., *pseudolamberti* Sintzow, *aff. intermissum* S. Buckman, *Peltoceras eugenii* Rasp., *Hastites hastatus* Blainv., *Belemnopsis latesulcatus* d'Orb., *Rhynchonella sp.*, *Liogryphæa dilatata* Sow. et *Ostrea sandalinoides* de Lor.

Oxfordien moyen. — Les assises de l'Oxfordien moyen, fortement masquées, sont moins faciles à observer, mais leur existence est affirmée par la découverte d'une faune suffisamment caractéristique.

La base, marneuse, a fourni *Millericrinus horridus* d'Orb. Plus haut se placent des marnes sableuses avec intercalation de quelques bancs de calcaire gréseux avec *Millericrinus echinatus* Schloth., *horridus* d'Orb., *Liogryphæa*

dilatata Sow. Le niveau le plus caractéristique est au sommet : ce sont des marnes grises avec nodules calcaires gris blanchâtre et *rognons de gaize* complètement décalcifiés. Cette gaize est une roche jaune brunâtre, poreuse, souvent hématisée et contenant des veines de calcédoine. Les rognons ont fourni surtout *Trigonia perlata* Ag. Plus rarement on y trouve *Trigonia monilifera* Ag., *Nucula inconstans* Roed., *Leda rœderi* de Lor., *Isocyprina cyreniformis* Buv., *Trigonia densicostata* Roed., *Rhynchronella silicicola* Rollier, *Exogyra bruntrutana* Thurm. Cette faune de ce niveau a la plus grande analogie avec celle du Terrain à Chailles du Jura, mais celui-ci ne s'est pas montré. S'il existait quelque part, ce serait juste au-dessus du niveau à *Trigonia perlata*.

Résumé et conclusions. — Dans la zone sous-vosgienne de Basse-Alsace, on connaît maintenant une série stratigraphique continue depuis le Callovien inférieur jusqu'à l'Oxfordien moyen inclus. En ce qui concerne l'Oxfordien, sa partie inférieure se rattache assez étroitement, comme faciès, aux marnes à *C. renggeri* du Jura franco-suisse. Sa partie plus élevée (Oxfordien moyen), avec son faciès à rognons de gaize se rapproche plutôt de l'Oxfordien marno-calcaro-gaizeux du Nord de la France.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le cratère d'explosion de Tenoumer et l'existence probable d'une grande fracture rectiligne au Sahara occidental.* Note (*) de M. **Jacques Richard-Molard**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Au Sahara occidental, par 22° 55′ 30″ latitude Nord et 10° 25′ longitude Ouest de Greenwich, émerge, comme un îlot au-dessus de la pénéplaine cristalline du Karet, un relief vif, d'une centaine de mètres d'altitude relative, connu sous le nom de *guelb* Tenoumer.

C'est un cratère, très frais, ceinturé d'une arête très vive, parfaitement circulaire ; le diamètre intérieur mesure 1800m environ. Le fond est une cuvette fermée, plate, colmatée de sables, cailloutis et anciens dépôts lacustres, doucement relevée vers les bords. L'arête circulaire est très déclive (plus de 45°) et d'un seul jet sur tout le versant intérieur. Le versant extérieur présente deux aspects très différents de part et d'autre d'une faille qui coupe le cratère du Nord-Est au Sud-Ouest. Sur le quadrant Est, l'arête principale est tapissée d'une croûte hamadienne de quelques mètres d'épaisseur, redressée au sommet jusqu'à 30°, mais non décrochée par rapport à la plaine extérieure à laquelle elle se raccorde par une déclivité régulière. Par contre, sur le secteur Ouest, du Nord jusqu'au Sud, l'arête principale domine un sillon externe périphérique, concentrique au cratère, large de plusieurs centaines de mètres, fermé vers l'extérieur par un bourrelet de reliefs périphériques

(*) Séance du 28 juin 1948.

de 20 à 30^m d'altitude relative, présentant une pente douce vers le sillon, un versant raide au-dessus du niveau de base extérieur.

Les roches constituant le *guelb* sont : *a.* du matériel cristallin appartenant à la pénéplaine (dorsale anticlinale Tiris-Karet-Eglab), notamment des granites porphyroïdes orientés; *b.* le calcogréseux hamadien, à silex, représentant seulement la croûte supérieure récente (Éogène?) de la hamada; *c.* des laves, basaltes et ponces, rares et sporadiques, tous à l'extérieur du cratère, notamment dans le sillon; *d.* le Quaternaire (sables, regs de dissociation, croûtes calcareuses lacustres).

L'arête principale est entièrement cristalline. Aucune coulée de matériel volcanique n'a été observée. Les rares roches volcaniques reconnues sont semées sur le socle. Sur l'arête Sud la coupe montre le cristallin recouvert de hamada et celle-ci surchargée d'un chaos de roches cristallines diverses. La même coupe se retrouve dans le ravin qui tranche en cluse le bourrelet périphérique Nord-Ouest. Si l'on retient la dissymétrie qui apparaît entre le quadrant Est et tout le secteur Ouest, on peut admettre que : 1° le cratère de Tenoumer n'est pas un volcan, mais une *chaudière* d'explosion; 2° l'explosion s'est produite à la faveur d'une fracture orientée Nord-Est-Sud-Ouest préexistante; 3° elle a été dissymétrique, sensiblement dirigée Est-Ouest puisque :

a. le quadrant Est est moins dérangé, ce qui lui a permis de conserver sa couverture hamadienne. Il est complètement dépourvu de matériaux volcaniques éjectés; *b.* le secteur Ouest, au contraire, est encombré de matériaux éjectés; le sillon ne peut s'expliquer que par un affaissement consécutif à des cassures et au soulèvement dû à l'explosion.

L'âge du cratère est difficile à préciser. Cependant il ne peut être antérieur aux formations de hamada qui sont relevées. L'existence sur la hamada perchée de l'Est d'une croûte calcareuse analogue à celles qui tapissent souvent les *dayas* peut donner à penser que l'accident est pléistocène, à tout le moins de la fin du Tertiaire.

Mais l'intérêt du Tenoumer n'est pas seulement celui d'un accident local. En prolongeant vers le Nord-Est sa faille, on rencontre à 195^{km} de distance par 24°15′05″ de latitude Nord et 9°39′17″ de longitude Ouest un cratère semblable, le *guelb* de Temimichat-Ghallamam.

En prolongeant la même ligne pendant 220^{km} vers le Sud-Ouest, on rencontre la boutonnière du Richat que nous avons récemment décrite [1].

Ces trois accidents se trouvent presque exactement alignés sur l'axe de la grande vallée magnétique dont A. Lasserre et J. Dubief disaient en 1938 : « On devra rechercher s'il existe une relation entre ces vastes anomalies et... de grandes failles ».

Il semble donc que nous touchons ici une pareille faille, jalonnée par les trois accidents cités.

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 142.

PÉDOLOGIE. — *Sur quelques conditions de formation des croûtes calcaires.* Note (*) de M. **Gilbert Gaucher**, transmise par M. René Maire.

I. Dans leur Note sur la formation de la croûte superficielle ([1]), MM. Flandrin, Gautier et Laffitte citent des exemples qui impliquent l'*intervention d'une activité hydrologique*. La zone de piedmont de l'Atlas Saharien et le plateau du Sersou, sont des régions aquifères (nappes ou résurgences), et elles le furent certainement davantage à une époque plus humide, comme celle qui vit se former la croûte. Quant au troisième exemple, il fait précisément mention de puits et de nappes. Par ailleurs, ces exemples n'établissent pas que la croûte se soit formée par évaporation : le fait qu'aucun autre processus n'a paru plausible n'est pas une démonstration.

Si les croûtes résultent d'une activité hydrologique, on ne peut s'étonner de leur extension en Afrique du Nord où les roches calcaires abondent et où pratiquement la totalité des eaux sont, encore actuellement, calcaires. Le rôle de roches réservoirs, joué vis-à-vis de l'eau par les massifs calcaires, y est un fait incontestable et d'ailleurs bien connu. Aussi ne doit-on pas être surpris des relations des croûtes avec les affleurements de roches calcaires, ni de leur importance au contact des massifs calcaires, ce terme étant pris dans son sens pétrographique, c'est-à-dire englobant non pas seulement les calcaires massifs, comme semblent le croire MM. Flandrin, Gautier et Laffitte, mais les « roches calcaires » diverses, y compris les roches détritiques calcaires : grès, conglomérats, etc. Les encroûtements calcaires ne représentent pas seulement des dépôts d'émergence, mais aussi des dépôts d'accumulation d'eau d'étendue diverse (marécages, lacs, etc.) : « calcaires lacustres, boues lacustres, dépôts de nappes phréatiques », etc. ([2]); ils ont pu se former assez loin de la roche réservoir originelle, aussi cette relation génétique peut échapper à première vue et poser un problème d'hydrologie. Les aspects variés de la pétrographie des croûtes sont en rapport avec les divers processus de précipitation du CO_3Ca : le polymorphisme des dépôts calcaires de surface, spécialement des travertins, est d'ailleurs un fait bien connu des pétrographes.

Dans une région envahie par la croûte, celle-ci devient d'autant plus épaisse et plus riche en CO_3Ca que l'on s'approche des *zones d'anciennes émergences localisées aux pieds des affleurements de roches calcaires*. Cette relation constante n'est pas une coïncidence mais exprime un rapport génétique. Notamment dans les régions de Relizane et de Perrégaux auxquelles j'ai fait allusion antérieurement ([2]), la croûte prend par exemple un développement remarquable

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, *p.* 416.

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 133.

au pied d'un affleurement calcaire, d'où sort encore une source ([3]), et sur le pourtour du Massif gréso-calcaire de Bel Hacel ([4]). Au Maroc, une zone de croûtes remarquablement typiques et épaisses longe le pied du puissant massif calcaire du Moyen-Atlas, au sud de la ligne Fès-Meknès, région où, à une époque antérieure, une activité hydrologique analogue avait déposé le calcaire lacustre du Saïs.

II. Comme je l'ai mentionné précédemment ([2]), l'activité hydrologique qui provoqua la formation généralisée de la croûte fut antérieure au Pluvial Wurmien. La localisation de cette formation au Sud d'une certaine latitude implique que des conditions climatiques particulières étaient nécessaires pour provoquer *dans de grandes proportions* la dissolution du calcaire dans certaines zones et son dépôt en d'autres ; les eaux furent sans doute plus riches en carbonates, leur débit fut plus important, le niveau des nappes plus élevé, les accumulations d'eau stagnante plus nombreuses et plus durables. Ce *climat de la croûte* ([5]) ne fut pas général à toute l'Afrique du Nord : en Algérie il épargna le Tell Algérois et Constantinois, le Massif de Miliana jalonne sa limite. Une réplique très atténuée de ces conditions, qui s'étaient sans doute déjà produites au Pliocène, s'est peut-être renouvelée au Flandrien. Actuellement les conditions hydrologiques sont loin de reproduire naturellement de pareils dépôts, surtout dans les régions steppiques et désertiques, mais partout où l'homme fait circuler de l'eau d'une façon continue (conduites, bassins, lavabos), il constate qu'elle *entartre* et *encroûte*, et cela sans qu'il y ait évaporation mais simple phénomène d'interface.

III. Par sa nature de roche superficielle et par les conséquences agricoles de sa présence, la croûte se trouve aux confins de la géologie et de la pédologie. Les pédologues, très attentifs aux mouvements *per ascensum* et *per descensum*, mais volontiers oublieux de la notion *d'amont* et *d'aval*, ont négligé l'étude des conditions de gisement des croûtes, ce que j'ai appelé leur étude *géologique*. Les géologues, parfois strictement stratigraphes et peu avertis des phénomènes physicochimiques spécifiques aux sols, n'ont souvent pas considéré l'aspect hydrologique des croûtes ni certains de leurs caractères pétrographiques, d'autant que, jusque-là, en Afrique du Nord, leurs observations n'avaient porté que rarement sur les terrains quaternaires.

Un accord ne pourra survenir sur les conclusions que s'il est précédé d'une entente sur les méthodes d'observation de la croûte. Sans doute l'accumulation d'exemples, les descriptions de cas particuliers ont leur intérêt, intérêt

---

([3]) *Carte Topographique de l'Algérie*. Feuille au 50 000e, Zemmora, Source de Si Harrats ($x = 320,350$ et $y = 268,750$).

([4]) *Ibid.*, Feuille de Debrousseville, source de Sidi Cherf ed Djiniei ($x = 272,650$ et $y = 272,150$) et source de l'Haciane Mengoub ($x = 269,500$ et $y = 274,750$).

([5]) BRYSSINE et CHOUBERT, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 863.

d'argument statistique qui empêche dans une certaine mesure de prendre l'exception pour la règle. Mais il semble plus rationnel de choisir des régions où la croûte se présente d'une façon typique, sous des aspects variés, et de l'étudier comme un affleurement géologique sans omettre ses caractères pétrographiques ni ses conditions de gisement.

PÉDOLOGIE. — *Sol tourbeux d'*Eriospora *dans les Monts-Loma, en Afrique occidentale,* Note (*) de M. **Georges Dubois**, Mme **Camille Dubois** et M. **Paul Jaeger**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans les massifs montagneux ouest-africains, entre autres les Monts-Loma [1], les affleurements rocheux et en particulier les parois des pitons granitiques en pain de sucre, si fréquents dans la région de la source du Niger, sont colonisés par une Cypéracée cespiteuse, *Eriospora pilosa* Benth. (= *Catagyna pilosa* Hutch.). Cette plante forme de gros touradons isolés les uns des autres, hauts de 20 à 50^{cm} ou davantage, et constitués par les rhizomes dressés côte à côte, perpendiculairement à la roche et entourés des gaines foliaires calcinées par les feux de brousse. Le tout est coiffé d'une touffe de feuilles flasques, d'un gris cendré. Au cours de leur croissance très lente, ces plantes édifient un sol tourbeux noirâtre dont M. A. Chevalier a signalé, dès 1909, l'importance dans le reboisement de ces régions [2].

Le sol tourbeux d'*Eriospora* qui fait l'objet de la présente étude fut prélevé par l'un de nous (P. J.) dans les dépendances du Sérelen Konko (montagne de 1652^{m} d'altitude, sise dans la région centrale des Monts-Loma), à la base d'une touffe végétant sur une paroi rocheuse granitique exposée au Sud, vers l'altitude 1300^{m} [3].

Le sol examiné comporte la matière tourbeuse et les racines d'*Eriospora*.

La matière tourbeuse est franchement noire, aisément pulvérulente à l'état sec, rapidement peptisable à la cuisson potassique. Elle est riche en particules

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) Les Monts-Loma sont un vieux massif granitique usé par l'érosion, orienté SSW-NNE, d'environ 30^{km} de long sur 10^{km} de large, situé dans la région Nord orientale du Sierra-Leone, et compris entre les branches du cours supérieur de la Bagbé. Ils surgissent brusquement au-dessus de basses collines (350 à 500^{m}) pour former un haut plateau aux contours mous sur lequel se dressent des pics en pyramide ou pain de sucre. Tel est le cas du pic Bintumane (1947^{m}), véritable bastion septentrional, pyramide à sommet plat, protégé dans sa région supérieure par une coulée doléritique. Tel est également le cas du Sérelen Konko mentionné ici.

(2) A. Chevalier, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 134 et **220**, 1945, p. 633.

(3) P. Jaeger et J. G. Adam, *Aperçu sommaire sur la végétation de la région occidentale de la dorsale Loma-Man. La galerie forestière de la Source du Niger* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, **94**, 1947, p. 323-337).

minérales de quelques microns seulement de diamètre, atteignant rarement 10$^{\mu}$, très rarement davantage, fines, anguleuses, d'apport éolien.

Les restes organiques sont abondants (à l'exception toutefois des organismes siliceux qui font défaut). Sans pouvoir apporter pour la plupart d'entre eux de détermination, nous avons remarqué des corps polliniques de 20 à 30 μ, des spores de Fougères de 35 μ, des capsules pédonculées ou non de 80 à 120 μ, des corps allongés sétiformes de 400 μ, des Thécamœbiens, notamment une capsule de type *Arcella* de 144 μ de diamètre et une autre longue de 50 μ qui nous paraît identique à *Assulina muscorum* Greeff (Rhizopode fréquemment sphagnicole des régions tempérées froides européennes).

L'échantillon examiné se présente en résumé comme un *humus* très analogue aux *humus montagnards* d'Europe, établis en milieu très humide, au moins par nébulosité.

PALÉONTOLOGIE. — *Examen des nacres actuelles et fossiles en lumière de Wood.* Note (*) de MM. **Paul-Henri Fischer** et **Jean Saddy**, présentée par M. Charles Jacob.

Plusieurs auteurs ont souligné l'aide précieuse que pourraient apporter à la Paléontologie les techniques d'examen en lumière de Wood (1). Quelques observations de détail ont été publiées sur la fluorescence des fossiles; cependant, à notre connaissance, aucune étude suivie n'a été effectuée dans ce domaine. Elle devrait du reste se compléter de recherches correspondantes chez les animaux actuels.

Pour notre part, nous avons entrepris une étude systématique de la fluorescence du test chez les Mollusques vivants et fossiles. Les faits constatés intéressent la distinction des diverses parties du test (couche interne ou nacre, couche prismatique, impressions musculaires, périostracon) et la différenciation de certains pigments coquilliers. Voici de premiers résultats concernant la fluorescence des nacres.

En lumière de Wood, les nacres sont nettement fluorescentes, fait déjà constaté dans des études à caractère d'application pratique plus que de recherche biologique.

Nous avons examiné de nombreuses nacres actuelles de Gastéropodes (*Trochus, Monodonta, Cantharidus, Haliotis, Padollus, Gena*), de Lamellibranches (*Nucula, Trigonia, Meleagrina, Mutela, Unio*) et de Céphalopodes (*Nautilus, Spirula*). Les nacres fraîches manifestent une fluorescence allant du blanc bleuté (*Trochus niloticus, Meleagrina margaritifera*) au mauve vif (*Unio reflexus*) et au violacé (*Cantharidus badius, Mutela exotica*). Exceptionnellement, nous avons observé des tons de fluorescence grisâtre ou

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Voir* notamment : G. G. Simpson, *Science*, **63**, 1926, p. 548; H. Miethe et A. Born, *Paläontol. Zeitschr.*, 9, 1928, p. 343; A. Boni, *Rivista ital. di Paleontol.*, **46**, 1940, p. 61.

jaune verdâtre, notamment chez certaines *Haliotis*. Pour des nacres actuelles, visiblement usées ou altérées par des intrusions de pigments ou d'impuretés, nous avons noté des fluorescences (lie-de-vin, brun), probablement non imputables à la nacre elle-même. En somme, nous pouvons dire que les nacres fraîches ont, le plus souvent, une fluorescence blanc bleuâtre, mauve ou violacée ([2]), et ceci quelle que soit la couleur dominante, à la lumière du jour, de la nacre étudiée. Pour la nacre de *Trochus niloticus*, par exemple, la spectrographie fait apparaître une bande de fluorescence allant du violet au bleu vert.

Pour les fossiles, on sait que dans bien des cas la structure primitive du test a été altérée ou détruite et souvent remplacée par des cristallisations secondaires de calcite. Cependant, on peut trouver, soit dans les sédiments tertiaires, soit exceptionnellement à des époques plus anciennes, des fossiles qui ont conservé la structure feuilletée et l'irisation de la nacre.

Nous n'avons pas retrouvé la fluorescence de la nacre chez les fossiles marmorisés, dont le test ne possède plus sa première structure (exemple : *Nautilus intermedius* du Lias). Chez des fossiles dont la nacre a perdu son aspect irisé (exemples : *Nucula* et *Trinacria* du Bartonien), les fluorescences bistre, jaune, orange ou rouge sombre observées ne nous semblent pas devoir être imputées à la nacre originelle; elles rappellent les couleurs ordinaires des sédiments calcaires en lumière de Wood. Nous avons noté, d'autre part, des fluorescences bistre (*Atura Aturi* du Miocène), brune, orange ou jaune (*Ammonites* du Secondaire) chez des fossiles dont la nacre avait gardé un aspect irisé, mais semblait néanmoins altérée. Enfin, nous avons rencontré une fluorescence bleutée ou violacée chez certains fossiles nacrés : *Nautilus umbilicaris* du Lutétien, *Trigonia Bronni* du Rauracien. Sur un exemplaire de cette dernière espèce ([3]), la nacre était particulièrement bien conservée; la spectrographie nous a révélé une bande étroite dans le violet.

Ainsi, chez certains fossiles d'une conservation exceptionnelle, la fluorescence habituelle de la nacre s'est maintenue depuis une époque aussi ancienne que le Rauracien et nous pouvons penser que, dans ces cas, les constituants de la nacre n'ont pas évolué chimiquement. Dans ceux, bien plus nombreux, où la nacre fossile donne des teintes de fluorescence différentes, nous avons de bonnes raisons de croire que les éléments responsables de ces fluorescences sont d'origine extérieure à la coquille.

PALÉOBOTANIQUE. — *Analyse pollinique de tourbières de l'Artense.* Note de (*) Mlle **Jeanne Becker**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'Artense est, au point de vue paléosilvatique, une région de transition entre les Montagnes d'Auvergne et les Plateaux limousins, contrées dont l'histoire forestière est bien connue déjà par les travaux de M. et Mme Dubois et de M. G. Lemée.

([2]) Pour le moment, nous ne précisons pas si cette fluorescence est due à la matière organique ou au carbonate de calcium; rappelons que les fluorescences de la calcite ont été attribuées à des traces de métaux tels que le manganèse (fluorescence rouge) ou le bismuth (fluorescence violette). *Voir* P. Pringsheim, *Handbuch der Physik*, 23, 1933, p. 317.

([3]) Appartenant à la collection de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

Entourée des massifs du Mont-Dore, du Cézallier, du Cantal et du rebord oriental du Plateau de Millevaches, la région considérée est un plateau cristallophyllien de 700 à 900^{m} d'altitude, recouvert de place en place dans sa partie Est par des basaltes. Ce plateau est drainé par des affluents et sous-affluents de la Dordogne, notamment la Rhue, la Tarentaine et la Santoire.

Les tourbières de ce territoire ont été prospectées en 1942 par les soins du Comité d'Organisation de l'Industrie des Combustibles Minéraux solides (Section Tourbe). Ce sont des échantillons récoltés au cours de cette prospection que M. G. Dubois a bien voulu me confier en vue de leur analyse pollinique dont les résultats me permettent de préciser les caractères paléosilvatiques de la région. Les échantillons proviennent de sept tourbières avoisinant Bort-les-Orgues, et toutes sises dans le département du Cantal : Lac de Madic (430^{m}) à Madic, Lac de Lapignol (860^{m}) à Marchal et Champs, la Vergne Rousse (850^{m}) à Marchal, la Grange (860^{m}) à Marchal, Cousteix (872^{m}) à Trémouille-Marchal, Chaussider (931^{m}) à Trémouille-Marchal, Manicodie (1089^{m}) à Saint-Amandin. (Feuilles 1/80000, 174 Mauriac et 175 Brioude).

Leurs tourbes sont sphagneuses, donc généralement peu cendreuses; à Madic cependant les Carex sont prédominants à la base. Dans l'ensemble elles sont riches en pollens.

L'histoire paléosilvatique qui se dégage de l'examen des diagrammes polliniques permet de distinguer les phases suivantes :

1° Pin-Bouleau dans son stade terminal décroissant, uniquement présente dans la tourbière de Madic;

2° Coudrier (première poussée) et Chênaie mixte;

3° Chênaie mixte (avec parfois deuxième poussée du Coudrier) les deux poussées étant bien épanouies à Madic;

4° Fagabiétaie : Hêtre-Sapin;

5° Phase terminale de la *forêt diversifiée* marquée par une recrudescence du Pin; elle n'a pas pu être étudiée entièrement en raison de l'abscence d'échantillons de surface.

Cette histoire correspond au point de vue climatique aux périodes : préboréale terminale (phase 1°), boréale et atlantique (2° et 3°), subboréale, subatlantique et actuelle (4° et 5°) du Flandrien.

Les détails de l'histoire de la Fagabiétaie méritent attention.

Aux tourbières du Lac de Lapignol et de Cousteix, le Hêtre est dominant. Aux autres (La Vergne Rousse, La Grange, Chaussider, Manicodie), le Sapin devient prédominant après une poussée appréciable de Chênaie mixte (28 à 39 %) et de Coudrier (15,9 à 50 %) qui se situe approximativement au tiers inférieur de la Fagabiétaie. Cette poussée, fruste dans les tourbières du

versant Sud des Monts Dore ([1]) est en Artense bien caractérisée par des pourcentages de Tilleul parfois supérieurs à ceux du Chêne.

A Madic, l'histoire de la Fagabiétaie est quelque peu différente : le Chêne s'est maintenu comme essence dominante, le Sapin ne jouant qu'un rôle très effacé.

Cette interpénétration de la Chênaie et de la Hêtraie est d'ailleurs un dispositif du paysage forestier actuel voisin du Lac de Madic. Elle s'observe également dans le Cantal ainsi que dans les zones de basses altitudes de la Montagne Limousine ([2]).

En résumé sur les sept tourbières étudiées, six d'entre elles, dont l'altitude dépasse 850^{m} (Lac de Lapignol, La Vergne-Rousse, La Grange, Cousteix, Chaussider et Manicodie), sont du type paléosilvatique montagnard auvergnat, tandis que celle de Madic (430^{m}) présente le type paléosilvatique limousin de basse altitude.

L'altitude paraît ici dominante dans la séparation des deux faciès.

Il est possible que la poussée de Coudrier et de Chênaie mixte qui se manifeste durant la phase Hêtre-Sapin, soit due à des influences océaniques qui se sont fait sentir dans l'Artense.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Position phylogénétique de l'*Hydrastis canadensis *L. et du* Crossosoma californicum *Nutt., d'après les particularités histologiques du xylème.* Note (*) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Précédemment ([1]), nous avons signalé, dans le bois secondaire du *Pæonia*, la présence de trachéides aréolées du type cycadéen, lesquelles se joignent aux perforations scalariformes des vaisseaux pour séparer ce genre des Renonculacées et en faire le représentant de la famille des Pæoniacées.

Il y a lieu d'examiner au même point de vue l'*Hydrastis canadensis* classé le plus souvent dans la tribu des Pæoniées. Aucune indication n'ayant été donnée jusqu'à présent sur la nature des fibres et les perforations des vaisseaux ligneux de cette plante, de nouvelles recherches s'imposaient à ce sujet. Dans ce but, nous avons entrepris l'étude structurale de la tige aérienne ainsi que du rhizome de cette espèce médicinale connue surtout par la localisation de la berbérine et de l'hydrastine dans ses parenchymes.

Les portions ligneuses des faisceaux de la tige aérienne se composent de files d'éléments de parenchyme sclérifié et de vaisseaux; ceux-ci se font remarquer par la coexistence des

([1]) G. Lemée, *Rev. Sc. Nat. Auvergne* (N. S.), 5, 1939, p. 37-61; *Ibid.* (N. S.), 8, 1942, p. 84-125.

([2]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 465; *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 14, 1944, p. 35.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2172.

perforations simples et des perforations scalariformes; le nombre des barreaux de ces dernières, ordinairement de 3 à 10, s'élève parfois jusqu'à 18; de temps en temps, on observe quelques anastomoses entre les barreaux, indice d'évolution vers la perforation réticulée; mais le type scalariforme prédomine. Les parois latérales de ces éléments conducteurs sont munies de ponctuations aréolées elliptiques très rapprochées, à fentes horizontales et parallèles entre elles, rarement obliques et entrecroisées.

Le bois secondaire du rhizome est constitué de vaisseaux, d'amas de parenchyme cellulosique et de petits paquets de fibres sclérifiées. Vues en coupes longitudinales, ces dernières réalisent le type de *fibres libriformes* en raison de la disparition presque complète des aréoles longuement dépassées par les fentes entrecroisées en X. Ici, les vaisseaux se distinguent par la constance de la grande perforation simple, circulaire ou elliptique; sur leurs faces latérales, on observe toujours des ponctuations aréolées fortement étirées dans le sens transversal.

La fréquence de la perforation scalariforme des vaisseaux des tiges aériennes nous oblige à écarter l'*Hydrastis* des Renonculacées et à le rapprocher des Pæoniacées. Ce genre diffère toutefois du *Pæonia* par la coexistence de la perforation simple, laquelle se montre même exclusivement dans le xylème des rhizomes, puis par la présence d'amas de *fibres libriformes* dans les portions ligneuses des faisceaux de ces mêmes organes souterrains. Si l'on examine la morphologie externe, l'*Hydrastis* se distingue par le périanthe simple formé de trois pièces, les nombreux carpelles biovulés, puis la nature du fruit (baie multiple); on ne retrouve pas ici la transition graduelle entre les feuilles et les sépales, bien connue chez le *Pæonia*. Il nous semblerait donc logique de retrancher l'*Hydrastis* non seulement des Renonculacées, mais aussi des Pæoniacées pour en faire le représentant unique de la famille des Hydrastidéacées.

Il restait à examiner le *Crossosoma californicum*, arbuste placé par Baillon (²) dans la série des Pivoines; les fleurs de ces deux genres présentent en effet plusieurs caractères identiques. L'étude structurale des tiges de cette espèce révèle la formation précoce d'un anneau libéro-ligneux continu; comme chez le *Pæonia*, les rayons médullaires du bois secondaire s'avancent jusque sur le bord interne du xylème, tandis que chez les Renonculacées, ils n'apparaissent que dans la portion externe du bois des faisceaux. Mais les vaisseaux ligneux du *Crossosoma* se distinguent par la grande prédominance de la perforation simple. De plus, les fibres du xylème sont pourvues, sur leurs faces, de petites ponctuations aréolées ($3\,\mu$), à ouvertures obliques et croisées atteignant le bord de l'aréole; ces éléments doivent être considérés comme des *fibres-trachéides*. Enfin ces deux genres diffèrent aussi par l'origine du périderme : sous-épidermique chez le *Crossosoma*, péricyclique chez les *Pæonia* frutescents.

En nous basant sur ces particularités anatomiques, nous serons amené à écarter le *Crossosoma* autant des Pæoniacées que des Renonculacées; nous adopterons l'opinion d'Hutchinson (³) qui faisait de ce genre le représentant

(²) *Histoire des Plantes*, **1**, 1867-1869, p. 66.
(³) *The families of flowering plants*, **1**, 1926, p. 155.

unique de la famille des Crossosomatacées. Par la coexistence de la perforation scalariforme et de la perforation simple des vaisseaux ligneux, l'*Hydrastis* doit être placé, au point de vue phylogénétique, entre les Pæoniacées et les Renonculacées. Quant au *Crossosoma*, par la perforation simple des vaisseaux, il réalise un degré de perfectionnement égal à celui des Renonculacées; mais il occupe un rang plus primitif par la présence constante de *fibres trachéides* dans le xylème; ces dernières constituent en effet, dans le cycle évolutif, un degré intermédiaire entre les *trachéides aréolées du type cycadéen*, caractéristiques du *Pæonia* et les *fibres libriformes*, éléments prédominants du bois des Renonculacées frutescentes.

Il résulte de l'ensemble de ces recherches que les Renonculacées dérivent des Pæoniacées par l'intermédiaire des Hydrastidéacées et des Crossosomatacées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réactions histologiques du pétiole de la feuille de Vigne isolée en survie prolongée*. Note (*) de Mlle **Germaine Debraux**, présentée par M. René Souèges.

La feuille isolée, c'est-à-dire séparée de la tige et placée dans des conditions où elle est susceptible de se conserver, a déjà fait l'objet de diverses observations. Je rappellerai seulement celles qui sont relatives au développement, dans le pétiole, de formations secondaires de bois et de liège [Mer (1), de Vries (2), Schwarz (3)], à la production encore d'un cambium interfasciculaire et d'un périderme [Löhr (4), Mathuse (5), Winkler (6)].

J'ai repris l'étude de la feuille isolée en survie dans le but de rechercher : 1° les modifications histologiques se produisant dans le pétiole et le limbe (feuille conservée entière ou en fragments), soit normalement, soit sous des influences diverses (en particulier celle des acides aminés et des hétéro-auxines); 2° le mode de formation, l'accumulation ou de la disparition, au cours de la survie, de certaines substances élaborées par la feuille en liaison ou non avec la photosynthèse. Aussitôt après leur séparation de la plante, les feuilles de Vigne sont placées, soit en culture sans sol selon la méthode que j'ai déjà fait connaître (7), soit en culture aseptique selon une méthode qui sera ultérieurement décrite. De petits fragments (1^{cm^2}) conservés aseptiquement depuis plus

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 33, 1886, p. 136-141.

(2) *Jahrb. wiss. Bot.*, 22, 1891, p. 35-72.

(3) *Jahrb. wiss. Bot.*, 78, 1933, p. 92-155.

(4) *Inaug. Diss.*, Bonn, 1908.

(5) *Beit. bot. Zentralbl.*, 20, 1906 (174), p. 1-44.

(6) *Jahrb. wiss. Bot.*, 45, 1907, p. 1-82.

(7) G. Debraux, *Gall. biol. Acta.*, 1, 1948.

de 4 mois à la lumière et à l'obscurité, en excellent état, sont le siège de modifications sur lesquelles je reviendrai, me bornant ici à exposer les réactions histologiques des pétioles de feuilles normales conservées non aseptiquement.

Les premières modifications (5e jour) ont lieu, par place, dans l'assise sous-épidermique, puis (8e jour) dans le collenchyme sous-jacent, dont les cellules s'allongent radialement, ce qui donne au pétiole un aspect crénelé et blanchâtre par suite de la disparition des chloroplastes dans les cellules en voie d'allongement. Le cambium entre ensuite en activité (10e jour) et produit 6-8 assises de cellules qui se différencient en bois et en liber (14e jour); les faisceaux vasculaires sont allongés radialement, le parenchyme ligneux secondaire comprend 3-4 assises de cellules sans vaisseaux; le parenchyme libérien secondaire, formé de 3-4 assises de petits éléments, n'a pas de tubes criblés; entre les faisceaux libéro-ligneux, les cellules du parenchyme médullaire se divisent par des cloisons tangentielles et constituent un cambium interfasciculaire d'origine secondaire. Les cellules de l'assise sous-épidermique commencent, par place, à se diviser par des cloisons tangentielles et produisent une ébauche de périderme. A ce stade, l'amidon, localisé normalement dans l'endoderme, s'accumule dans les cellules du parenchyme cortical, radial et médullaire entourant chaque faisceau : c'est un amidon à petits grains semblable à celui des feuilles témoins.

Après 6 semaines de survie, le pétiole a produit un abondant système radiculaire; le bois secondaire comprend 10-12 assises de cellules parmi lesquelles se trouvent de gros vaisseaux; le liber secondaire est formé de 12-15 assises de cellules libériennes et de tubes criblés bourrés de matières protéiques; le cambium interfasciculaire produit des faisceaux conducteurs surnuméraires d'origine tertiaire et contribue, en outre, à l'accroissement en largeur des faisceaux préexistants, par la différenciation, sur le bord radial de ceux-ci, de certaines de ses cellules en trachéides et en éléments libériens; le périderme sous-épidermique s'est développé. L'amidon, dont les grains augmentent de taille, est accumulé dans l'écorce, les rayons médullaires, une partie de la moelle. Après deux mois, dans la moelle, à la pointe du bois primaire de chaque faisceau, s'organise un tissu d'irrigation constitué par de jeunes vaisseaux prenant des épaississements réticulés ou scalariformes, groupés en fascicules anastomosés en réseaux; le tout constitue un système de faisceaux conducteurs à bois centrifuge, parfois relié au bois primaire de la stèle, et à liber centripète. Dans le parenchyme cortical, on observe les mêmes formations aberrantes.

Après plusieurs mois de vie à l'état isolé, le pétiole de la feuille de Vigne a pris l'aspect d'une tige, conservant une certaine symétrie bilatérale; le xylème et le phloème forment un anneau continu; celui-ci est entouré d'un périderme d'origine péricyclique qui laisse en dehors de la partie vivante du pétiole un rhytidome, formé par l'ancien parenchyme cortical et les restes du collenchyme dont les cellules se sont étirées, déchiquetées et subérifiées; ce rhytidome s'exfolie ensuite normalement. L'amidon est accumulé dans le liber, dans le parenchyme ligneux et dans toute la moelle; c'est un amidon dont les

grains atteignent parfois six ou sept fois le diamètre des grains normaux. Winkler ([6]) a signalé la transformation du pétiole en tige chez certaines espèces, mais il n'a pas mentionné l'apparition remarquable des tissus d'irrigation corticaux, radiaux et médullaires, qui se développent par suite de l'adaptation de la feuille à des conditions de vie nouvelles. Il semble y avoir une certaine analogie entre ces phénomènes d'adaptation et la présence de formations semblables chez certaines plantes parasites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la recherche du québrachitol et de l'allantoïne chez les Érables et le Platane.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai signalé récemment ([1]) que l'épuisement d'une poudre végétale par l'acétone conduit à l'obtention d'itols, de saccharose et d'esters. Lorsqu'on se propose d'extraire uniquement les itols, la présence des autres substances est un inconvénient. Aussi, pour avoir d'emblée un itol exempt de saccharose, et pour traiter les plantes à l'état frais, j'utilise la technique suivante :

Le matériel est stabilisé et épuisé par deux traitements à l'eau bouillante. Les liqueurs aqueuses réunies sont soumises à l'action de la levure de bière pour éliminer les substances fermentescibles. Après défécation au sous-acétate de plomb, l'excès de plomb est précipité par H_2S; le filtrat concentré sous pression réduite à un faible volume peut présenter des cristallisations après repos (itols peu solubles, allantoïne). Il est ensuite incorporé à du sable fin; la masse séchée et broyée est épuisée par l'acétone dans un appareil de Soxhlet. L'itol cherché (québrachitol) ne tarde pas à cristalliser dans la liqueur acétonique. Il peut être purifié par addition d'acétone ou d'alcool à sa solution aqueuse filtrée et concentrée; il cristallise aussi dans l'acide acétique. Je l'ai identifié par son point de fusion, son pouvoir rotatoire et la réaction au nitroprussiate de sodium.

Par cette méthode, j'ai pu extraire le québrachitol des écorces d'*Acer campestre* L., *A. monspessulanum* L., *Negundo aceroides* Moench qui avaient été traitées sans succès l'an dernier par simple épuisement du matériel sec à l'acétone ([2]). En appliquant l'une ou l'autre de ces deux méthodes, je l'ai également isolé des écorces et des feuilles des espèces suivantes : *Acer circinnatum* Pursh, *A. colchicum* Hartw. var. *rubrum*, *A. grandidentatum* Nutt., *A. Hersii* Rehd., *A. japonicum* Thunb., *A. opulifolium* Vill., *A. palmatum* Thunb., *A. pennsylvanicum* L., *A. saccharophorum* K. Koch (*A. saccharum* Marsh.)[1], *A. tataricum* L., *Negundo californicum* Torr. et Gr. Les feuilles de ce dernier (ou du *Negundo aceroides*) constituent une bonne matière première pour

---

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 85.
([2]) V. Plouvier, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842.

l'extraction du québrachitol (rendement pour 100^g sec, en août : brut $2^g,75$; pur $1^g,2$, sans traitement des eaux mères).

Parmi toutes les espèces examinées, seul l'*Acer carpinifolium* Sieb. et Zucc. n'a pas fourni de québrachitol (écorces de 2 pieds différents, traitées par les deux méthodes; feuilles en mai et octobre; après fermentation, liqueurs d'essai de feuilles optiquement inactives). Cette espèce se distingue nettement des autres *Acer* par ses feuilles ovales, indivises, marcescentes qui la rapprochent des *Carpinus*.

En outre, le québrachitol a été extrait de tous les organes examinés, autres que les écorces et feuilles : racines d'*Acer platanoides*, fleurs d'*A. platanoides*, *A. Pseudoplatanus*, *Negundo aceroides*, fruits d'*A. campestre*, *A. Hersii*, *A. platanoides*, *A. Pseudoplatanus*, *A. saccharophorum*, *Negundo aceroides*, graines d'*A. Pseudoplatanus*. Ces dernières ont également fourni du saccharose. Obtenu en juin avec les fruits verts d'*A. Pseudoplatanus*, le québrachitol se trouve encore en novembre dans les fruits mûrs secs (rendement 1,36 brut pour 100^g sec) : son extraction est facile par épuisement à l'acétone à condition de séparer préalablement les graines qui introduisent des impuretés gênantes.

Ainsi, le québrachitol existe dans presque toutes les espèces du genre *Acer*, dans tous les organes, à toutes les périodes de la végétation : il apparaît comme un élément constant de leur chimisme. Il n'a pas été trouvé dans les feuilles d'une autre Acéracée : *Dipteronia sinensis* Oliv.

Les fruits de *Negundo aceroides* épuisés par l'acétone ont fourni, avec le québrachitol, des cristaux différents beaucoup moins solubles dans l'eau et dans l'alcool; il s'agit de l'allantoïne, identifiée par son point de fusion (avec décomposition), son dérivé xanthylé et l'action du réactif de Nessler. La méthode au sable a permis d'en extraire bien davantage (cristallisation en liqueur aqueuse déféquée : rendement 1,1 brut, pour 100^g sec, en août). Des fruits prélevés fin novembre, peu avant leur chute, étaient dépourvus de québrachitol mais ont encore fourni de l'allantoïne.

Celle-ci a également été isolée, en faible quantité, des racines et écorces d'*Acer platanoides*, des écorces d'*A. campestre*, *A. circinnatum*, *A. palmatum*, *A. pennsylvanicum*, *A. pseudoplatanus*, *A. sacchorophorum*, *A. tataricum*, *Negundo aceroides* (méthode au sable, cristallisation en liqueur acétonique). Sa présence était déjà connue chez *A. campestre* et *A. pseudoplatanus*.

Si le × *Platanus acerifolia* Willd. présente quelque analogie avec les Érables par la forme de ses feuilles et la présence des mêmes substances azotées, il s'en distingue par le fait que ses écorces et ses feuilles n'ont pas fourni de québrachitol. Par contre, l'allantoïne a été extraite de ses rameaux prélevés fin février avant la reprise de la végétation et fin mars après enlèvement des jeunes pousses (rendement : de 0,32 à 0,47 pour 100^g frais, suivant les pieds). Sa présence était déjà connue dans les jeunes pousses et les feuilles, non dans les écorces.

En résumé, le québrachitol a été extrait de presque tous les *Acer* examinés; l'allantoïne a été isolée plusieurs fois à l'état cristallisé, notamment des fruits du *Negundo* et des rameaux du Platane.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation alcoolique des vins doux naturels.* Note de MM. **Louis Genevois, Émile Peynaud** et **Jean Ribéreau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On a procédé à l'analyse chimique complète de huit échantillons de vins doux, des communes de Tautavel, Tuchan et Frontignan, des années 1945 et 1946. Ces vins sont préparés par mutage à l'alcool de moûts très riches en sucre, vinifiés en blanc ou en rouge. L'addition d'alcool se fait soit avant un départ de fermentation : cas des mistelles (Muscat de Frontignan), soit en une ou plusieurs affusions, après la fermentation d'au moins la moitié du sucre. La fermentation alcoolique se poursuit dans un milieu très sucré, et très alcoolisé dans le cas du Muscat.

Ces analyses ont montré les faits suivants :

1° Teneur élevée en alcool, de 15°,6 à 18°,5, et teneur élevée en sucres, de 92 à 196^g par litre, généralement voisine de 120.

2° Rapport glucose sur lévulose voisin de 0,5, sauf dans le cas du Muscat de Frontignan. Ce rapport permet de différencier les vins doux naturels fermentés des mistelles.

3° Teneur en acide malique notable, allant de 6 à 15,5 milliéquivalents par litre pour le cépage Grenache et de 22 milliéquivalents pour le cépage Muscat, montrant une combustion toujours incomplète de cet acide dans les raisins à complète maturité.

4° Teneur en acide lactique faible, de 0,8 à 5 milliéquivalents, montrant l'absence de fermentation malolactique.

5° Teneur en acide acétique (a) faible, de 5 à 10 milliéquivalents; rapport de l'acide acétique à l'acide succinique (s) généralement voisin de 1.

6° Butylèneglycol (b) en proportion élevée par rapport au glycérol (g); 1000 b/g est, dans 7 vins sur 8, nettement supérieur à 100.

7° Acide sulfureux libre pratiquement égal à 0. Éthanal libre souvent dosable (jusqu'à 2,3 millimolécules), conditionnant le caractère *rancio* de ces vins. L'éthanal total (h) est toujours notable.

8° Le bilan des produits secondaires de la fermentation

$$\Sigma = 5s + 2a + b + h = 0^g,9$$

se vérifie aussi exactement que dans toutes les fermentations étudiées jusqu'ici par nous (1), (2).

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 439.

(2) *Ibid.*, **223**, 1946, p. 693; **224**, 1947, p. 762 et 1388; **226**, 1948, p. 126.

Le tableau donne l'alcool, les sucres en grammes par litre, les anions et cations en milliéquivalents pour 10[1], dans 5 échantillons; il donne également, en millimolécules pour 10[1], les bilans des produits secondaires de la fermentation.

	Tuchan		Tautavel		Frontignan
	1946.		1945.	1946.	1946.
Alcool	16°,0	16°,5	16°,4	18°,5	15°,6
Sucres réducteurs	120	123	130	92	196
Glucose	41	41	42	31	93
Lévulose	79	82	88	61	103
Acidité de titration	610	530	530	630	520
Alcalinité des cendres	195	160	147	100	170
Ammonium	6	6	6	6	18
Somme des cations	**811**	**696**	**683**	**736**	**708**
Acide tartrique	323	260	197	291	281
Acide malique	153	92	107	67	220
Acide citrique	45	28	32	26	32
Acide acétique	66	59	99	90	53
Acide lactique	25	34	36	46	8
Acide succinique	129	140	142	149	32
Esters acides	25	24	12	18	21
Acide phosphorique	33	30	33	20	33
Acide sulfureux	0	0	3	8	0
Acide aldéhyde sulfureux	6	8	35	36	14
Somme des anions	**806**	**675**	**696**	**751**	**694**
Différence	−5	−21	+13	+15	−14
Glycérol (g)	590	600	770	730	250
Acide acétique (a)	66	59	99	90	53
Acide succinique (s)	65	70	71	74	16
2,3-buthylèneglycol (b)	64	73	94	92	32
Éthanal (h)	16	21	35	36	17
Σ	**537**	**563**	**682**	**678**	**235**
$\frac{\Sigma}{g}$	0,91	0,94	0,88	0,93	0,94
$\frac{a}{s}$	1,0	0,84	1,4	1,2	3,3
$\frac{b}{g} \times 1000$	108	121	122	126	128

CYTOLOGIE. — *La garniture chromosomique de quelques Crustacés amphipodes.* Note (*) de MM. **Raymond Poisson** et **Jean Le Calvez**, présentée par M. Louis Fage.

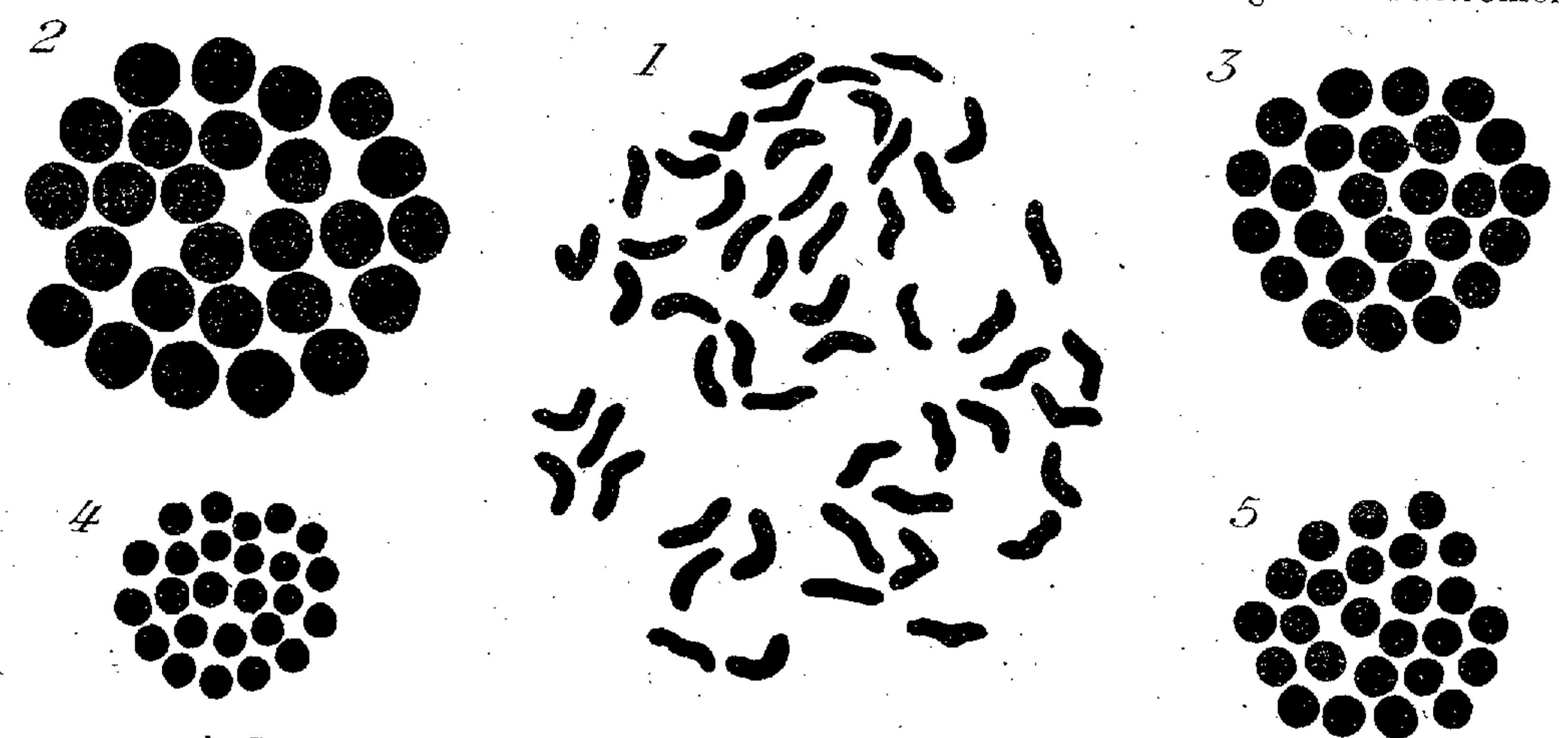
Dans le but de rechercher les rapports pouvant exister entre les Crustacés Amphipodes et les autres Péracarides, nous avons déjà pu déterminer la

(*) Séance du 12 juillet 1948.

constitution chromosomique de quatre d'entre eux appartenant au grand groupe des Gammariens, d'une part à la famille des *Gammaridæ : Gammarus pulex* pulex (L.), *Gammarus locusta* (L.); d'autre part, à la famille des *Talitridæ* : *Talitrus saltator saltator* (Mont.), *Orchestia gammarella* (Pallas) (= *O. littorea* Sars). Ces quatre espèces réalisent des adaptations à trois milieux différents : la première espèce étant dulcaquicole, la seconde marine et les deux dernières subhalophiles.

Les dénombrements ont été effectués sur les éléments de la lignée germinale mâle : divisions spermatogoniales, diakinèses, métaphases I et II. Chez des individus à mâturité génitale convenable, la technique de l'acéto-carmin fournit des images nombreuses, nettes et décisives quant au nombre des chromosomes, puisque tous les éléments de toutes les cinèses restent obligatoirement voisins.

1° *Gammarus pulex pulex* (L.). — Les figures prémétaphasiques de divisions spermatogoniales montrent (*fig.* 1) une garniture de 52 chromosomes subégaux à centromère



Chromosomes de Crustacés Amphipodes, lignée germinale mâle : 1, *Gammarus pulex pulex*, prométaphase spermatogoniale; 2, *Gammarus pulex pulex*, métaphase I; 3, *Gammarus locusta*, métaphase I; 4, *Talitrus saltator*, métaphase I; 5, *Orchestia gammarella*, métaphase I. (1 : × 1600; 2 à 5 : × 2800; acéto-carmin.)

intercalaire. Ils se retrouvent à la diakinèse sous forme de 26 tétrades cruciformes et constituent, à la métaphase I, une plaque équatoriale serrée de 26 éléments très condensés et tous égaux (*fig.* 2). Diamètre de la plaque équatoriale métaphasique I : 16µ.

2° *Gammarus locusta* (L.). — Le caryotype est identique à celui de l'espèce précédente ($n = 26$), mais les chromosomes sont plus petits. Diamètre de la plaque métaphasique I : 10µ (*fig.* 3).

3° *Talitrus saltator saltator* (L.). — On trouve ici $n = 25$; les bivalents sont encore plus petits, de taille subégale (*fig.* 4); aucun ne se signale par un calibre dépassant franchement celui des autres. Diamètre de la plaque métaphasique I : 7µ.

4° *Orchestia gammarella* (Pallas). — Les images fournies (*fig.* 5), sont comparables à celles observées chez le Talitre ($n = 25$), bien que les chromosomes soient un peu plus gros. Diamètre de la plaque métaphasique I : 9µ.

Au voisinage, ou même dans la plaque équatoriale de toutes ces espèces, on peut déceler parfois un résidu nucléolaire, correspondant peut-être au *corps chromatoïde* décrit dans les cinèses de certains Isopodes. Enfin, comme on pouvait le prévoir, il n'y a pas trace d'hétérochromosomes différenciés, soit par leur taille, soit par leur comportement au cours de la méiose.

Si l'on compare ces numérations chromosomiques à celles déjà publiées à propos des Amphipodes, on constate qu'elles présentent seulement des analogies avec le type caryologique de *Gammarus annandalei* où Niiyama (1) compte 27 chromosomes haploïdes. Par contre, comme l'a déjà signalé Vandel (2), les nombres et figures donnés par Palmer (3) pour *Gammarus chevreuxi* Sexton ($2n = 26$), sont pour le moins singuliers et il est souhaitable que l'étude de cette espèce soit reprise en utilisant une méthode donnant toute sécurité. La même remarque vaut peut-être pour *Talorchestia longicornis* où Nichols (4) a compté 18 chromosomes haploïdes chez le mâle.

S'il n'est pas possible de tirer de ces observations préliminaires des conclusions d'une portée générale, on peut néanmoins constater que les 4 espèces d'Amphipodes examinées par nous, ainsi que celle étudiée par Niiyama, ont des nombres chromosomiques haploïdes variant de 25 à 27. Ces chiffres sont très voisins de ceux trouvés pour les groupes primitifs des Isopodes marins actuels (*Valvifera, Lygiidæ*...), où ils se situent entre 28 et 31. Certains pourraient trouver là un argument en faveur de l'hypothèse selon laquelle un des caractères basaux des Crustacés Péracarides serait la possession de nombres chromosomiques élevés.

HISTOGÉNÈSE SEXUELLE. — *Ébauches prostatiques des souris femelles nouveau-nées. Essai d'interprétation du développement des caractères masculins observés, à l'état spontané, chez les Mammifères du sexe femelle.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il est très vraisemblable que la présence de glandes annexes de type mâle chez les femelles des Rongeurs, et les diverses anomalies intersexuelles observées à l'état naturel, chez de nombreux Mammifères femelles, résultent de l'action d'une hormone androgène sur l'embryon femelle (ou dans certains cas sur l'adulte); ceci découle des expériences de masculinisation du fœtus femelle de Mammifère, sous l'influence des hormones androgènes [*voir* (1), p. 351]. L'étude que je viens d'effectuer, chez des Souris nouveau-nées

(1) *Jap. Journ. Genetics*, **11**, 1935, p. 34-35.
(2) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, **81**, 1947, p. 154-176.
(3) *Quart. Journ. Micr. Sc.*, **70**, 1926, p. 541-551.
(4) *Journ. Morph.*, **20**, 1909, p. 461-478.

(1) A. Raynaud, *Bull. Biol.*, **72**, 1938, p. 297.

normales appartenant à deux lignées sélectionnées, montre l'existence très fréquente (chez 13 des 14 ♀ étudiées) de courtes (20-100$^{\mu}$) ébauches prostatiques chez les femelles d'une de ces lignées (XVII) et leur absence (chez 11 des 12 ♀, nouveau-nées et fœtus étudiés) dans l'autre lignée (XXX). Ces nouvelles constatations et les expériences de castration des Mulots gravides (²) me conduisent à interpréter aujourd'hui, de la façon suivante, les diverses modalités de masculinisation observées à l'état spontané chez les Mammifères de sexe femelle.

En laissant de côté les cas de masculinisation sporadiques dus à une anomalie du fonctionnement ovarien ou surrénalien, on peut envisager les divers cas suivants :

a. Chez certaines espèces de Mammifères, les caractères masculins ne s'observent pas chez tous les individus femelles de l'espèce : toutefois, leur présence constante chez les femelles de certaines lignées conduit à admettre que des facteurs héréditaires sont à l'origine de leur développement (par l'intermédiaire probable d'une sécrétion hormonale masculinisante de l'ovaire de l'embryon). C'est le cas des ébauches prostatiques des souris de la lignée XVII étudiées ci-dessus, et de celles des femelles de rats de certaines lignées étudiées par Witschi et ses collaborateurs (³).

b. Chez certaines espèces de Mammifères, la présence d'une glande annexe de type mâle (ou de plusieurs) ou de divers caractères masculins, est constante chez tous les individus femelles de l'espèce (cas des glandes prostatiques des mulots de sexe femelle par exemple (⁴), etc.). Dans ces espèces, il est vraisemblable que des facteurs héréditaires, présents chez tous les individus de l'espèce, agissent en faisant sécréter par l'ovaire de tous les embryons femelles, une hormone masculinisante (androgène sans doute), qui masculinise le soma de l'embryon, à des degrés divers suivant l'espèce considérée. *Ici la sécrétion masculinisante ovarienne embryonnaire présumée, est vraisemblablement un facteur constant qui provoque le développement constant d'un caractère anatomique mâles chez les femelles de l'espèce* (⁵).

c. Chez un individu femelle donné, ou dans une espèce donnée, on constate quelquefois qu'un seul caractère mâle est développé chez les femelles, tandis que, chez d'autres individus femelles ou chez les femelles d'autres espèces, il existe, en outre, d'autres structures masculines, ou une masculinisation plus complète du tractus génital. Diverses interprétations de cette masculinisation élective ont été suggérées [voir (⁶)]. Mais il est également possible qu'une seule et même hormone masculinisante (androgène) agisse dans ces divers cas : ses effets différents seraient dus à ce que, chez les embryons femelles de ces divers individus ou de ces différentes espèces, elle serait sécrétée, par l'ovaire em-

---

(²) A. Raynaud, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1187.

(³) E. Witschi, J. J. Mahoney et G. M. Risley, *Biol. Zentr.*, **58**, 1938, p. 455.

(⁴) A. Raynaud, *Bull. Soc. zool. France*, **70**, 1945, p. 162.

(⁵) Cette masculinisation constante (à des degrés divers) des individus femelles qui se rencontre dans plusieurs ordres de Mammifères paraît atteindre son maximum d'intensité chez la Hyène (*Crocuta crocuta* Erxleben) (voir Harrisson Matthews, *Philos. trans. Roy. Soc. B.*, **1**, 1939, p. 230). Je considère que, chez les Hyènes femelles, la formation constante d'un canal uro-génital indivis, de glandes de Cowper, l'absence de vagin et la présence d'un clitoris péniforme, sont dus à l'action d'une hormone androgène sur le tractus génital des fœtus de sexe femelle.

(⁶) A. Raynaud, *Bull. Biol. France et Belgique*, **80**, 1946, p. 1.

bryonnaire, à des stades différents du développement, à des concentrations différentes et peut-être même pendant une durée différente. Les différences observées dans le degré de développement et la structure anatomique des parties mâles du tractus génital des femelles d'espèces différentes, seraient ainsi explicables ([7]). (Les résultats d'ablation ou de destruction des glandes génitales, réalisées par différents auteurs, chez divers embryons de Mammifères, font penser à une telle possibilité chez les femelles.)

Ainsi, trois groupes principaux de facteurs paraissent intervenir dans la réalisation de la masculinisation *spontanée* des femelles des Mammifères : *a*. Des facteurs héréditaires, qui sont à l'origine de la masculinisation (et qui se manifestent chez un individu, dans une lignée, ou dans l'espèce entière); *b*. Des facteurs héréditaires constitutionnels, déterminant le type de la structure anatomique de l'appareil génital caractéristique du mâle de l'espèce; *c*. Une sécrétion hormonale masculinisante, produite par les ovaires de l'embryon femelle (ou dans quelques cas, par la mère gravide). Les facteurs héréditaires du premier groupe agissent vraisemblablement en provoquant cette sécrétion hormonale masculinisante de l'ovaire de l'embryon femelle (l'intensité de cette sécrétion, le moment de la sécrétion et sa durée étant fixés héréditairement). Cette hormone masculinisante agissant sur le soma de l'embryon femelle, le masculinise à des degrés divers, en le modelant plus ou moins profondément dans le sens mâle, mais toujours suivant le type du soma du mâle de l'espèce (ce type de réaction du soma, à l'hormone, étant déterminé par les facteurs constitutionnels qui régissent la stucture anatomique du tractus génital de l'espèce).

PHYSIOLOGIE. — *Hormones stéroïdes et atrophie musculaire. Sur un effet catabolique de la testostérone sur le muscle en voie d'atrophie.* Note de MM. **Georges Schapira** et **Jean-Claude Dreyfus**, présentée par M. Léon Binet.

Les hormones stéroïdes mâles exercent un effet anabolique protéique chez la femelle et le mâle castré, et peuvent provoquer une hypertrophie musculaire ([1]).

On peut se demander si un phénomène du même type est susceptible d'être provoqué sur un muscle dont le nerf est sectionné; il se traduirait par un ralentissement de l'évolution de l'atrophie.

La technique consiste en l'injection de propionate de testostérone, à raison de 1^{mg} pour 100^{g} de poids, tous les deux jours, à des rats blancs pesant de 125

([7]) Il existe, bien entendu, entre les espèces, des différences de structure anatomique spécifiques du tractus génital, qui ne sont pas soumises au contrôle hormonal (et qui s'extériorisent chez les mâles), mais qui sont déterminées par des facteurs constitutionnels, héréditaires.

([1]) G. N. Papanicolaou, E. A. Falk, *Science*, 87, 1938, p. 238; C. D. Kochaksan, *Mag. cong. Métal.*, 5, 1943, p. 134.

à 160g. Le traitement est institué huit jours avant la section sciatique unilatérale, et est poursuivi jusqu'au dixième jour après l'opération, date à laquelle on sacrifie l'animal. Le muscle gastrocnémien de chaque côté, soigneusement disséqué, est pesé après dessiccation à 105° jusqu'à poids constant.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'atrophie :

$$100 . \frac{\text{poids du muscle sain} - \text{poids du muscle atrophique}}{\text{poids du muscle sain}}$$

Ils sont rassemblés dans le tableau I

TABLEAU I.

	Témoin ♂.	Testostérone ♂.	Témoin ♀.	Testostérone ♀.
	35,0	39,4	34,9	34,5
	35,3	38,4	37,6	40,3
	38,8	47,0	41,4	38,5
	40,6	37,1	40,8	38,6
	35,0	41,3	36,1	31,4
	40,7	38,8	34,8	34,2
	34,2	48,7	35,2	36,2
	35,4	39,7	39,0	30,9
		39,5	38,0	35,0
		43,6	39,3	40,4
				32,5
				34,2
Moyenne.	36,9±1,0	41,4±1,2	37,4±0,7	35,6±1,0
	$\sigma = 2,6$	$\sigma = 3,9$	$\sigma = 2,4$	$\sigma = 3,3$

σ = dispersion (standard déviation)

Dans ces conditions, on constate que la vitesse d'atrophie s'est montrée différente chez les mâles et les femelles. Chez le mâle, l'atrophie est accélérée de façon notable. L'application du test statistique (test t de Student-Fischer) donne une probabilité de signification dépassant 95 %. Chez les femelles, l'atrophie paraît au contraire ralentie, mais la différence est trop faible pour pouvoir être affirmée avec certitude.

Ces modifications ne sont pas dues à des variations du rapport du poids du muscle au poids total du corps, car il est le même chez les animaux témoins. Elles ne traduisent pas non plus un effet anabolique général de la testostérone, auquel ne participerait pas le muscle en voie d'atrophie, car les animaux traités n'ont pas augmenté de poids par rapport aux témoins. Elles ne sont enfin pas dues à l'huile d'olive dans laquelle la testostérone est dissoute, puisque d'autres hormones stéroliques dissoutes de la même façon et que nous avons essayées, se sont montrées inactives (tableau II). Toutefois le benzoate d'œstradiol paraît, chez la femelle, accélérer légèrement le processus d'atrophie, mais la différence n'est pas statistiquement significative.

TABLEAU II.

	Témoin ♂.	Témoin ♀.	Corti-costérone ♂.	Progestérone ♂.	Œstradiol ♀.
	35,0	34,9	32,7	41,5	37,1
	35,3	37,6	39,7	35,8	34,3
	38,8	41,4	33,8	39,5	44,3
	40,6	40,8	45,9	37,8	40,0
	35,0	36,1	33,1	41,5	39,6
	40,7	34,8	34,5	33,0	43,0
	34,2	35,2	37,7	35,2	35,5
	35,4	39,0	38,4		38,6
		38,0	39,3		39,8
		39,3			38,2
Moyenne...	36,9 ± 1,0	37,4 ± 0,7	37,3 ± 1,4 $\sigma = 4,2$	37,7 ± 1,4 $\sigma = 3,3$	39,0 ± 1,0 $\sigma = 3,0$

Doses injectées (en mg) pour 100g de poids	Corticostérone........	0,5	tous les deux jours
	Progestérone..........	1	»
	Benzoate d'œstradiol...	1	deux fois par semaine

Peut-être des doses différentes de testostérone, ou des composés voisins, seraient-ils susceptibles de modifier ou d'inverser cette action.

On est amené à conclure que le muscle en voie d'atrophie réagit d'une manière tout à fait spéciale à la testostérone dans les conditions où nous l'avons administrée. L'effet est catabolique, d'une part, il porte sur le mâle non castré, et non sur la femelle, d'autre part.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'acuité visuelle aux éclairements crépusculaires.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'observateur étant adapté à un éclairement diurne, de l'ordre de quelques bougies par mètre carré, on fait l'obscurité dans la pièce, et lui fait fixer un tableau d'acuité dont l'éclairement est de l'ordre de 1/10e à 1/100e de bougie par mètre carré. On pourrait s'attendre à ce que son acuité visuelle, très faible à l'instant où l'on établit l'obscurité dans la pièce, augmente progressivement au fur et à mesure que les cônes de la fovéa s'adaptent au faible éclairement du tableau, en tendant vers une limite imposée par ce dernier. L'expérience montre qu'il n'en est pas exactement ainsi.

L'obscurité étant établie à l'instant $t = 0$ (*fig.* 1), l'acuité augmente rapidement, et atteint une valeur a_1 à un instant t_1, variable entre 1 et 4 minutes suivant le niveau d'adaptation préliminaire (plus celui-ci est élevé, plus t_1 est

(*) Séance du 5 juillet 1948.

grand). Ensuite le tableau d'acuité apparaît de plus en plus voilé et en quelque sorte granuleux, et l'acuité diminue jusqu'à une valeur a_2 plus ou moins faible

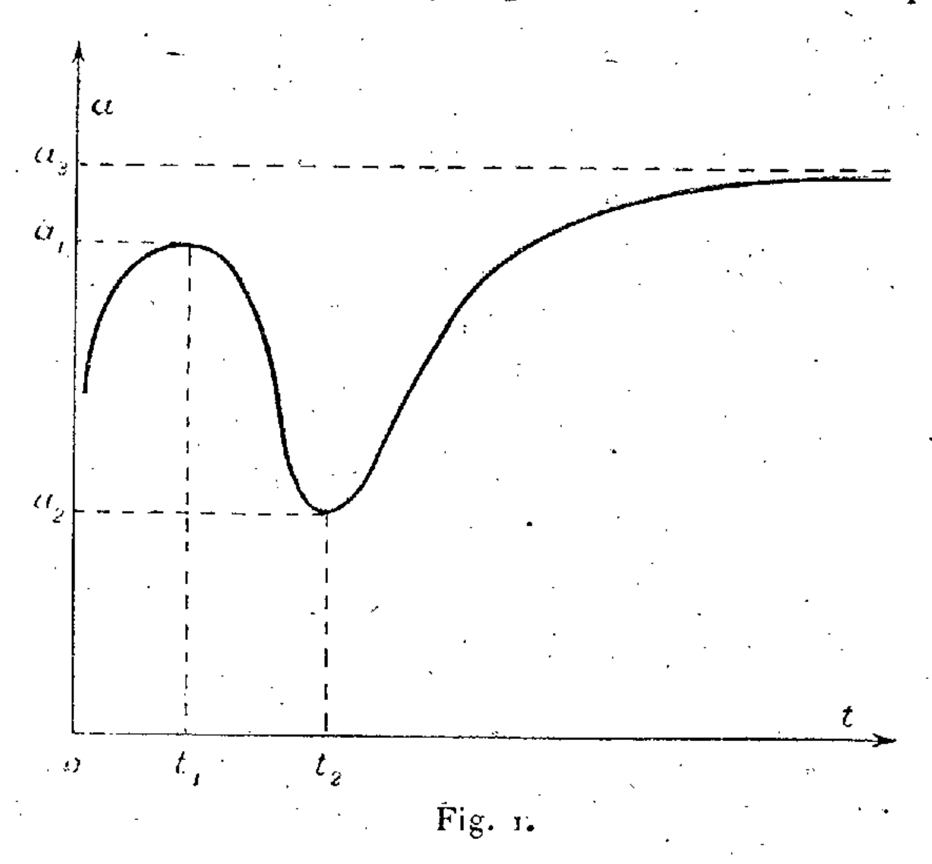


Fig. 1.

suivant les observateurs, et atteinte à un instant t_2 compris entre 5 et 9 minutes. Le tableau d'acuité retrouve ensuite progressivement sa netteté, et l'acuité augmente, en tendant vers une limite a_3 légèrement supérieure à a_1, et atteinte au bout de 20 minutes environ.

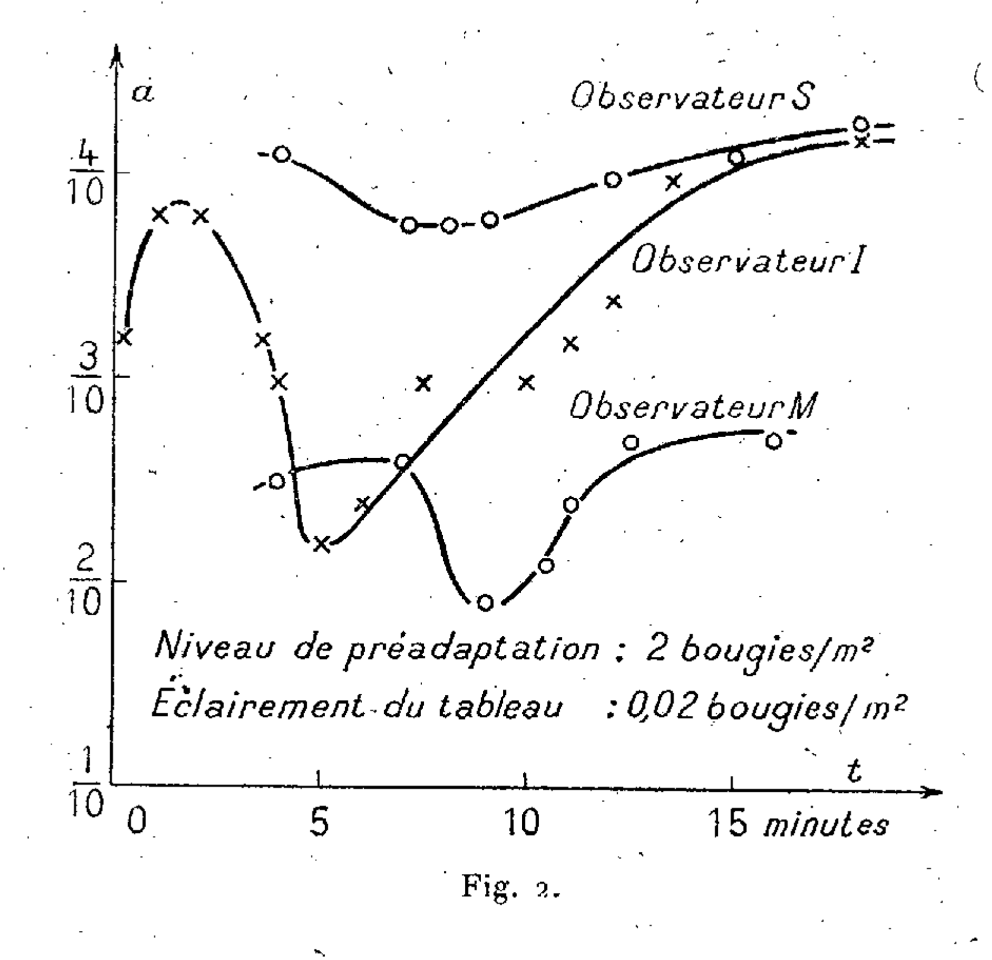


Fig. 2.

Le phénomène de baisse d'acuité est plus ou moins prononcé suivant l'observateur (*fig.* 2). Il est sensiblement indépendant du niveau d'adaptation préliminaire. Il diminue lorsqu'on augmente l'éclairement du tableau d'acuité, et disparaît si cet éclairement atteint 1/10 de bougie par mètre carré. Enfin je signale que pour un sujet particulièrement sensible au phénomène, celui-ci est

apparu comme étant récurrent : deux autres baisses d'acuité, plus faibles que la première, furent observées, l'une au bout de 9 minutes (la première étant à $t = 5$ min.), et l'autre au bout de 12 minutes.

Le phénomène semble être d'origine photochimique, ou d'origine nerveuse. Étant donnés les éclairements utilisés, il faut l'imputer aux cônes. Mais il est fort possible, et même probable, que l'on soit en présence d'un phénomène d'interaction de la périphérie de la rétine sur la fovéa, d'une inhibition provoquée par l'adaptation des bâtonnets à l'obscurité.

Il est curieux de signaler que, selon les mesures faites par B.-H. Crawford [1], la pupille d'un sujet plongé dans l'obscurité se dilate, mais subit une contraction passagère environ 5 minutes après l'obscurcissement. Il est possible que ce phénomène, ainsi que celui faisant l'objet de la présente Note, aient une origine commune.

BIOMÉTRIE LEUCOCYTAIRE. — *Essai d'interprétation cinématique des courbes en cloche de Gauss.* Note (*) de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

On sait que j'ai réussi à préciser les numérations de la formule leucocytaire simplifiée [1] de telle manière que les erreurs entachant les numérations des pourcentages de polynucléaires sont de l'ordre de 1 à 2 %. Cette précision m'a permis d'étudier, par les voies statistiques, les diagrammes leucocytaires obtenus en portant, sur des graphiques, les temps en abscisses et les pourcentages de polynucléaires en ordonnées. Cette étude a montré que l'on obtient un ajustement aussi continu et régulier que possible de ces diagrammes, lorsque les prélèvements sanguins se sont succédé à intervalles de 1 à 10 minutes au plus. On sait que, à cette échelle de temps, les diagrammes leucocytaires se décomposent en séries de portions de courbes en cloche de Gauss limitées à leurs bases par leurs points d'inflexion [2]. Ceci étant, je donne les définitions suivantes :

J'appelle *phase leucocytaire* l'ensemble des processus de libération des polynucléaires dans le sang circulant, qui engendrent une courbe en cloche. La durée d'une phase est mesurée par l'intervalle de temps τ compris entre les points d'inflexion de la courbe en cloche correspondante.

J'appelle *période d'incubation* de la phase leucocytaire la durée T des processus polygénitiques qui ont abouti à cette phase.

---

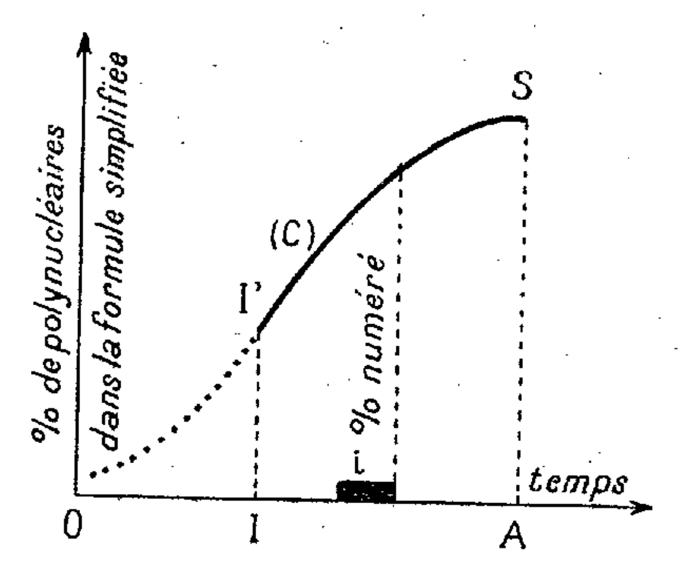
(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 823 B., 1936, p. 376-395.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) *Société d'Hématologie*, 16 février 1945; *Le Sang*, n° 4, 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 231.

Entre la phase et cette période il existe nécessairement une correspondance qui s'établit comme suit : les instants des $N+1$ prélèvements sanguins partagent l'intervalle de temps IA (figure ci-dessous), compris entre les abscisses I et A des points I' d'inflexion et S marquant le sommet de la courbe en cloche C, en N intervalles de temps partiels, dont les positions par rapport aux unités de temps attachées aux processus de libération des polynucléaires



sont tout à fait arbitraires. Dans ces conditions, le pourcentage démontré à l'extrémité de l'un i d'entre eux a pu apparaître dans le sang circulant dans cet intervalle. Supposons que les processus polygénétiques correspondants soient attachés à t unités de temps de la période d'incubation T; il est évident que la correspondance entre t et i n'est que probable. De plus, étant donné *le caractère discontinu* des comportements au cours du temps des pourcentages de polynucléaires, les t unités de temps constituent l'une des combinaisons t à t des T unités. Il existe donc une probabilité P pour que les t unités de temps de T correspondant à i et les $T-t$ unités de temps restantes aux $N-I$ intervalles de temps autres que i. Les premières ont $1/N^t$ chances de correspondre à i et les secondes $(N-1/N)^{T-t}$ chances de correspondre aux $N-I$ intervalles restants. La probabilité P s'écrit

$$P=\frac{1}{N^t}\left(\frac{N-1}{N}\right)^{T-t}\frac{T!}{(T-t)!\,t!}.$$

Nous supposons qu'à l'échelle des minutes, T et t sont suffisamment grands pour que l'on puisse lui appliquer la formule approchée de Stirling, d'où,

$$P=k\left[\frac{1}{N^t}\left(\frac{T}{t}\right)^t\frac{1}{\sqrt{t}}\right]\left[\left(\frac{N-1}{N}\right)^{T-t}\left(\frac{T}{T-t}\right)^{T-t}\frac{1}{\sqrt{T-t}}\right];\qquad k=\text{const.}$$

produit de deux probabilités, l'une attachée à i et l'autre aux $N-I$ intervalles de temps autre que i. En posant $m=T/N$, $\lambda=m-t$; $m'=[T(N-1)/N]$, $\lambda'=m'-T+t$; d'où $\lambda+\lambda'=0$, $m+m'=T$; effectuant, dans la première [3],

[3] L'une se déduit de l'autre, à une constante multiplicative près, en changeant λ en λ', m en m'.

la substitution logarithmique bien connue, et supposant λ/m suffisamment petit pour que l'on puisse se borner au second ordre dans le développement du produit

$$LP = \frac{1}{2m}\left(-1 + \frac{1}{2m}\right)\lambda^2 + \left(1 + \frac{1}{2m}\right)\lambda + L\frac{K}{\sqrt{2\pi m}},$$

où

$$P = \frac{K}{\sqrt{2\pi m}} e^{\frac{1}{2m}\left(-1+\frac{1}{2m}\right)\lambda^2 + \left(1+\frac{1}{2m}\right)\lambda}, \qquad \text{avec } m > \frac{1}{2},$$

qui représente une famille de courbes en cloche de Gauss, dépendant des paramètres K et m.

Or, d'une part, l'écart entre les points d'inflexion nous est donné par la formule $\mathcal{T} = 2m\sqrt{120/(2m-1)}$, où m est exprimé en heures et $\mathcal{T}$ en minutes; d'autre part t est essentiellement positif par définition; de ce fait, la seule branche de courbe acceptable correspond à l'inégalité $m > 3/2$, c'est-à-dire $\mathcal{T} > 23$ min., c'est précisément celle qui est comprise entre les points d'inflexion.

L'expérience, maintenant basée sur plus de 4000 observations cliniques faites ([4]) chez l'Homme, a prouvé que dans tous les cas où le système leucocytaire est perturbé par une cause extérieure à l'organisme, $\mathcal{T}$ est supérieur à 22 minutes ([5]). Cette concordance entre la présente interprétation et l'expérience nous permet d'admettre la proportionnalité entre la probabilité calculée et les pourcentages de polynucléaires rapportés au niveau de l'asymptote dans le temps t continu.

Toutes ces considérations et ces vues présentées dans cette Communication ainsi que celle qui la suivra ont des conséquences pratiques relatives au traitement efficace d'un certain nombre d'infections morbides rebelles de type aigu ou chronique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Conditions biochimiques de multiplication d'un bactériophage. Mise en évidence par la microscopie électronique.* Note (*) de MM. **Boris Rybak**, **Pierre Lépine** et Mlle **Odile Croissant**, transmise par M. Joseph Magrou.

W. H. Price ([1]), travaillant sur *Staphylococcus muscæ*, a été amené à supposer que l'adénosine triphosphate (ATP) et en général les substances organiques énergétiquement riches, phosphorylées, étaient nécessaires pour la synthèse du phage de cette bactérie. C. B. Fowler et S. S. Cohen ([2]) ont, d'autre part, signalé que des préparations dépolymérisées d'acides ribo- ou désoxyribo-

---

([4]) Chacune de ces observations comprend en moyenne 7 diagrammes leucocytaires.

([5]) *Acad. Médecine*, nos 25 à 27, 131, 1947, p. 508.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

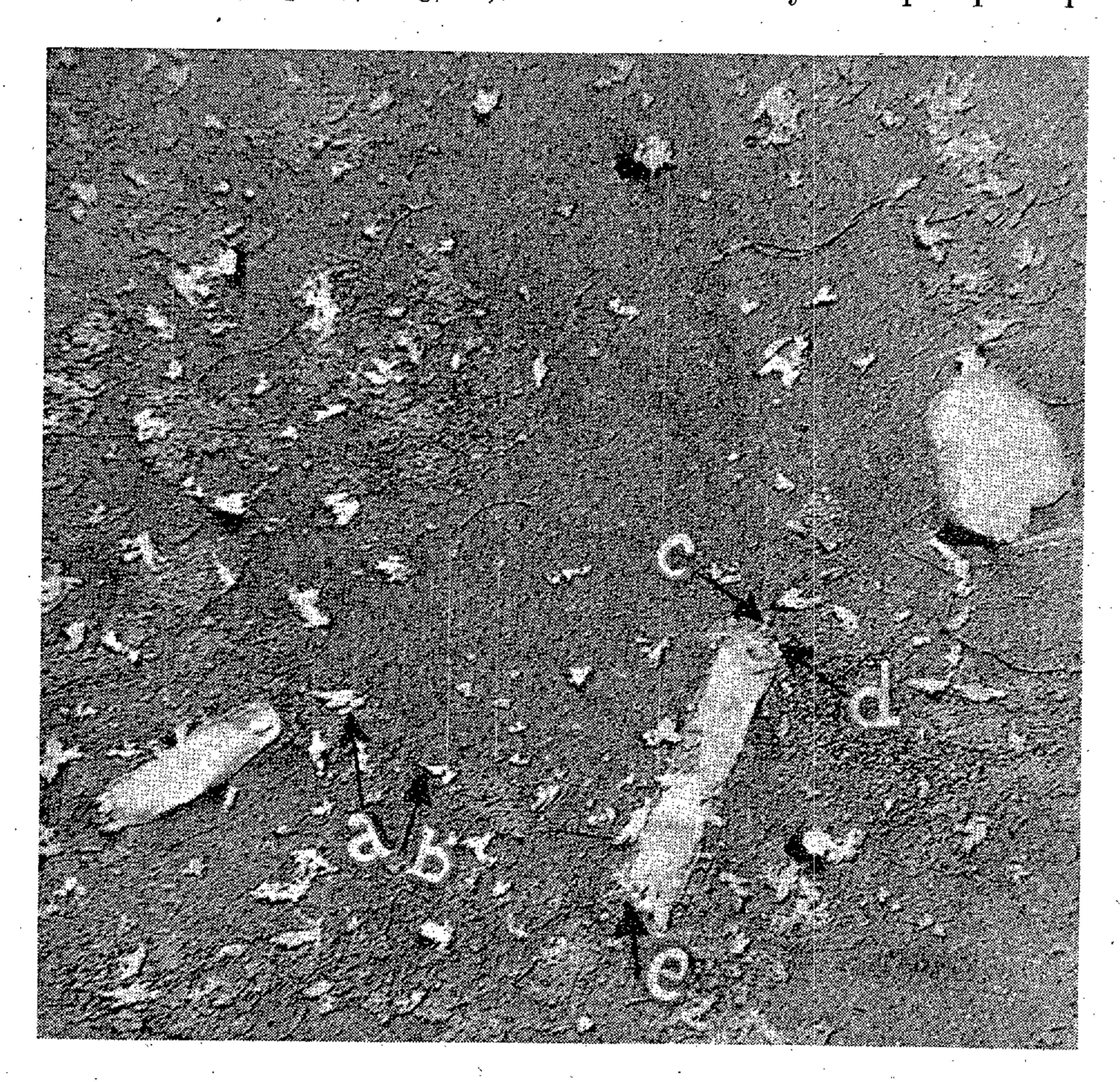
([1]) *J. Gen. Phys.*, 31, 1947, p. 135.

([2]) *J. Exp. Med.*, 87, 1948, p. 259.

nucléique ainsi que la guanosine et la désoxyguanosine avaient un effet stimulant sur la multiplication du phage T2 du Colibacille. Étudiant les agglutinations de *Phytomonas tumefaciens* Sm. et Town., l'un de nous a montré récemment ([3]) que dans certains cas celles-ci étaient dues à une bactériophagie.

C'est ainsi que pour la souche smooth « 42/4 » de *Phytomonas tumefaciens*, on obtient des agglutinats filamenteux ou en fins grumeaux en se plaçant dans les conditions suivantes :

A $0^{mol},5$ d'une suspension en eau physiologique de bactéries âgées de 24 heures on ajoute $0^{mol},5$ soit d'acide adénylmonophosphorique (1 mg/ml), soit d'acide cytidylique (1 mg/ml), soit d'acide adénylmonophosphorique ou



d'acide cytidylique à 1 mg/ml en présence de 1 mg/ml de glucose, soit surtout d'ATP provenant de muscles de Lapin (1,7 mg/ml); pH 7. Après un repos de 12 heures à 20°C., on constate au fond des tubes un dépôt bactérien indissociable par agitation. Par microscopie électronique, en utilisant la technique

([3]) B. Rybak, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

des ombres portées ([4]), le floculat montre des bactéries vidées ainsi que des bactériophages de 0$^{\mu}$,21 de longueur (*fig.* 1, cliché grossissement 14000, agrandissement × 2 d'un cliché électronique pris avec un appareil C. S. F., tension 42 kV; préparation métallisée à l'or; les flèches *a*, *b*, *c*, *d*, *e* indiquent les phages les plus visibles.)

Les phages sont surtout bien visibles après 2-3 × 24 heures, ce qui est sans doute imputable à ce que le titre initial du phage était extrêmement bas et que sa multiplication avait pu commencer à l'intérieur même de la bactérie.

Par ces résultats, nous avons à la fois : 1° révélé une bactériophagie occulte existant dans une souche de *P. tumefaciens*. Nous ne pensons pas encore, en effet, qu'il y ait eu synthèse totale du phage; 2° démontré le rôle indispensable de l'ATP ou encore des nucléotides puriques ou pyrimidiques dans la synthèse d'un phage et 3° mis au point un test facile pour l'étude de la multiplication du bactériophage, grâce à notre souche bactérienne agglutinogène.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Synthèse d'un polysaccharide du type amidon aux dépens du maltose, en présence d'un extrait enzymatique d'origine bactérienne.* Note (*) de M. **Jacques Monod** et Mlle **Anne-Marie Torriani** (avec la collaboration de M. **Vuillet**), présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le métabolisme du maltose chez les bactéries du groupe *coli* est généralement assuré par un système enzymatique adaptatif ([1])([2]). On a observé d'autre part des mutations spontanées ou induites portant sur l'utilisation du maltose ([3]). Un intérêt particulier s'attache donc à l'identification du ou des enzymes impliqués dans le métabolisme de ce disaccharide.

Utilisant des bactéries de la souche ML ([4]) cultivées en maltose, nous avons obtenu par la technique résumée ci-dessous des extraits actifs.

1° Broyage des bactéries par le sable, extraction par un tampon phosphate (M/10, pH 6,8).

2° Centrifugation pendant 2 heures à 12500 tours.

3° Précipitation du liquide surnageant par le sulfate d'ammoniaque à 75 % de saturation.

4° Reprise du précipité par un tampon phosphate (M/10, pH 6,8), suivi de

---

([4]) R. C. Williams et R. W. G. Wyckoff, *J. Applied Physics*, 15, 1944, p. 712.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Karstrom, *Erg. Enzymforsch.*, 7, 1937, p. 350.

([2]) Monod, *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, Paris, 1942.

([3]) Monod, *Arch. Sc. Physiol.* (sous presse).

([4]) Monod, Mlle Torriani et Gribetz, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1844.

deux précipitations successives par le sulfate d'ammoniaque à 50 % de saturation.

5° Dialyse pendant 5 heures à 10° contre de l'eau distillée avec agitation. Il se forme un précipité, qui est séparé par centrifugation, et redissous dans du tampon.

Mise en présence de maltose, cette préparation libère rapidement du glucose. La réaction peut être suivie manométriquement par la méthode à la *Notatine* mentionnée dans une précédente publication ([4]), et décrite d'autre part par Keilin et Hartree ([5]). Nos meilleures préparations libéraient 660 μM de glucose par heure, par milligramme d'azote Kjeldahl, à 28° et pH 6,8. L'étude cinétique de la réaction (en présence de notatine) montre que celle-ci s'arrête lorsque 1 mol. de glucose a été libérée par mol. de maltose mise en jeu. En fin de réaction, le liquide donne avec l'iode une intense coloration bleue, indiquant la formation d'un polysaccharide du type amidon. L'hydrolyse par l'acide sulfurique N à 100° pendant 3 heures, libère une quantité de glucose équivalent à la moitié du maltose mis en jeu. Le polysaccharide ne se forme qu'aux dépens du maltose, à l'exclusion de tout autre substrat, y compris le glucose-1-phosphate. La réaction ne s'accompagne d'aucune estérification décelable de phosphate minéral. Elle est d'ailleurs quantitativement la même en présence ou en absence de phosphate minéral. Les préparations ne présentent pas d'activité mesurable en présence des substances suivantes : lactose, saccharose, mélibiose, cellobiose, α-méthylglucoside, β-méthylglucoside.

Ces observations indiquent que la réaction catalysée est conforme à l'équation:

n maltose $\rightarrow n$ glucose $+$ [glucose] n. Elle est analogue aux réactions conduisant à la formation de dextranes ou de lévulanes à partir du saccharose ([6]), ([7]). Mais il se forme ici, semble-t-il, un polysaccharide du type amidon, dont la synthèse *in vitro* n'avait été obtenue jusqu'à présent qu'à partir ou par l'intermédiaire de glucose-1-phosphate ([8]). Lorsque la réaction a lieu en l'absence de *notatine* (c'est-à-dire en présence de glucose) le polysaccharide formé ne donne pas de teinte bleue avec l'iode. Tout au plus obtient-on une teinte rouge très pâle. Nous ne pouvons encore offrir d'interprétation de cette observation. Il est probable que l'activité de nos préparations est due à un seul enzyme, car la réaction observée est sensiblement la même que l'on utilise des extraits purifiés, des extraits bruts ou des bactéries traitées par le toluène. Il semble qu'il s'agisse d'un enzyme d'un type nouveau pour lequel nous proposons le nom d'*amylomaltase*.

([5]) KEILIN et HARTRÉE, *Biochim Jr.*, 42, 1948, p. 230.

([6]) HESTRIN, AVINERI-SHADIRO et ASHNER, *Biochem. J.*, 37, 1943, p. 450.

([7]) HEHRE, *J. Biol. Chem.*, 163, 1946, p. 221.

([8]) CORI, *Federation Proc.*, 4, 1945, p. 232.

Cet enzyme n'est présent que dans les extraits de bactéries cultivées en maltose. Les extraits de bactéries cultivées en glucose se montrent dénués de toute activité.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Réceptivité du Lapin au virus de la poliomyélite épidémique.* Note (*) de MM. **Georges Blanc** et **Louis-André Martin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude expérimentale du virus de la poliomyélite a débuté en 1909 avec les travaux de Landsteiner et Popper qui ont réussi à infecter le Singe. Dès 1910 le prix élevé de ces animaux incite les chercheurs à expérimenter sur des animaux de laboratoire moins coûteux, en particulier le Lapin. Alors que les uns obtiennent des résultats positifs, d'autres n'accusent que des résultats négatifs (1). Après les échecs de Newin et Bittmann en 1924 et de Fairbrother en 1929, le Lapin est rejeté comme animal d'expérimentation pour l'étude de la poliomyélite.

Nous avons été amenés, à la suite d'expériences sur les rongeurs, à tenter à nouveau d'infecter le Lapin, soit avec diverses souches de virus, les unes adaptées au Singe, d'autres aux rongeurs, soit directement à l'aide de produits pathologiques humains.

Nos expériences ont porté sur environ 600 lapins. Bien que ce rongeur ne présente pas de phénomènes paralytiques, quel que soit le mode d'inoculation, nous le considérons comme réceptif au virus de la poliomyélite.

Voici, en résumé, les faits sur lesquels nous étayons cette opinion :

1° La transmission en série au Lapin d'un agent infectieux filtrable, isolé de moelles de singes morts de poliomyélite ou de produits virulents humains est possible.

Cette transmission a été réalisée avec six souches différentes de virus :

— Quatre souches constituées par des moelles de singes

Virus North Caroline (37 passages);
Virus Hartford (10 passages);
Virus S. K. (16 passages);
Virus P. S. J. (21 passages).

— Une souche constituée par des moelles de souris

Virus Lansing (10 passages).

— Une sixième souche, virus Y. B. a été isolée directement sur lapin des selles d'une enfant de 20 mois atteinte de poliomyélite clinique (13 passages).

2° Le Lapin traduit son infection par une réaction thermique. Après une période d'incubation d'une durée variable (de 2 à 15 jours) suivant la quantité de virus inoculé et suivant la voie d'introduction, la température, qui oscille normalement autour de 39°,5, atteint 41°

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) La place nous manque pour donner ici la bibliographie importante de ces travaux.

et plus et s'y maintient 3 ou 4 jours. Le plus souvent le Lapin résiste et la température retombe à la normale. Parfois cependant le Lapin meurt sans qu'à l'autopsie on puisse relever de lésions macroscopiques caractéristiques. Le virus se retrouve dans le sang, la moelle épinière, la rate, etc. Il peut être inoculé par les voies intramusculaire, intrapéritonéale, intratrachéale, nasale, intracérébrale, intrarachidienne, intraoculaire.

3° Les lapins ayant subi une atteinte de virus-Lapin ou de virus-singe ne réagissent pas à une inoculation seconde de virus-singe ou de virus-lapin, indifféremment.

4° *a*. Les singes ayant subi une atteinte du virus de la poliomyélite ne réagissent pas au virus lapin;

b. Les singes neufs qui reçoivent du virus lapin réagissent différemment suivant le mode d'inoculation et suivant des facteurs individuels de réceptivité. La réaction thermique, plus ou moins rapide, plus ou moins marquée, ne manque jamais. Jusqu'à présent un seul singe inoculé par voie rachidienne et péritonéale avec du virus-lapin de onzième passage, fut paralysé, le 25ᵉ jour. L'examen histologique de sa moelle montra les lésions de poliomyélite. Le virus a été réisolé sur le Lapin à partir de la moelle de ce singe.

5° Le virus-lapin est neutralisé *in vitro* par le sérum humain de convalescent de poliomyélite, par le sérum du singe convalescent, par un sérum d'âne ayant reçu de nombreuses inoculations intraveineuses de virus singe.

Conclusion. — Le virus de poliomyélite détermine chez le Lapin une maladie transmissible en série. Le virus-lapin ne détermine ni paralysie ni lésions histologiques de la moelle. Le seul symptôme, constant, est la réaction thermique, suivie, parfois, de la mort de l'animal.

La possibilité de neutraliser le virus-lapin par le sérum simien ou humain de convalescent de poliomyélite, la possibilité de protéger le Singe dans certaines conditions à l'aide du virus-lapin contre une atteinte ultérieure de virus-singe, nous amène à admettre l'identité antigénique du virus-singe et du virus-lapin dérivé du premier.

Le fait que le virus-lapin inoculé par une voie différente de la voie cérébrale ne provoque chez le Singe aucun trouble nerveux, incite à rechercher s'il sera possible d'utiliser un tel virus dans un but prophylactique.

La séance est levée à 15ʰ45ᵐ. R. C.

ERRATA.

(Séance du 29 janvier 1945.)

Note de MM. *Buu-Hoï* et *Hiong-Ki-Wei*, Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène :

Page 177, ligne 8, *au lieu de* $C^{22}H^{16}S$: fines, *lire* $C^{22}H^{16}S$: huile visqueuse E_{15} 262° à côté du dinaphtyléthane : fines.

(Séance du 13 novembre 1946.)

Note de MM. *Buu-Hoï* et *René Royer*, Sur des isostères soufrés du tétrophan et de ses homologues :

Page 806, ligne 20, *au lieu de* céto-7, *lire* céto-4;
» » » 23, *au lieu de* (2'.3'), *lire* 3'.2').

(Séance du 2 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Les noyaux pseudo-reproduisants :

Page 458, ligne 20, *au lieu de* (ou y) appartenant à F, *lire* appartenant à F (ou une fonction de y, conjuguée d'une fonction appartenant à F).

(Séance du 9 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Noyaux pseudo-reproduisants et complétion des classes hilbertiennes :

Page 537, ligne 38, *au lieu de* $N(x, y)g(x)g(y)$, *lire* $N(x, y)\overline{g(x)}g(y)$;
» 538, » 23, *au lieu de* *rel.* $\mathfrak{A}$, *lire* *rel.* $\overline{\mathfrak{A}}$;
» 539, » 2, *au lieu de* $h(x)$, *lire* $\overline{h(x)}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1948.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 15 juillet 1948, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **André Danjon** pour occuper, dans la Section d'Astronomie, la place vacante par le décès de M. *Henri Deslandres*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **André Danjon** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Carlos Arnaldo Krug**, professeur de génétique à l'Institut agronomique de l'État de Sao Paulo.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du méthanol en présence d'alcool ordinaire,* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Il est à présent démontré qu'une certaine proportion de méthanol ou alcool méthylique aisément libérable par hydrolyse entre dans la composition du bois (1) et que cette proportion varie avec l'âge (2). Il résulte de ces faits que lorsqu'on prépare de l'alcool ordinaire ou éthylique par hydrolysé, puis fermentation du bois, mode d'obtention industriel dont on se préoccupe de plus en plus depuis l'avant-dernière guerre, on doit s'attendre à rencontrer dans l'alcool produit une certaine proportion de méthanol. Or, il peut être des emplois de l'alcool pour lesquels cette présence n'est pas indifférente. Il faut alors pouvoir en effectuer l'analyse. Nous avons été conduits ainsi à déterminer les conditions dans lesquelles on doit se placer pour appliquer la méthode de recherche et de

---

(1) Gabriel Bertrand et G. Brocks, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 773 et mémoire : *Ann. Ferment.*, 5, 1940, p. 537 ou *Ann. agr.* 10, 1940, p. 349.

(2) Gabriel Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 765.

dosage que nous avons décrite récemment ([3]) au cas d'un mélange des deux alcools.

Nous avons d'abord préparé de l'alcool éthylique pur en hydrolysant du sulfovinate de sodium cristallisé et répondant exactement à la formule $SO_4C_2H_5.Na + H_2O$. Le sel a été dissous dans le double de son poids d'eau additionnée d'un excès de soude; on a fait bouillir quatre heures au réfrigérant ascendant, laissé refroidir jusqu'au lendemain, séparé le dépôt de sulfate de sodium, enfin libéré l'alcool par distillation et rectification à la colonne.

Soumis à l'action de l'acide permanganique dans les conditions que nous avons fixées pour le dosage du méthanol, l'alcool éthylique purifié ci-dessus ne donne que de très faibles quantités de substances aldéhydiques susceptibles d'agir en fin d'opération sur le réactif de Schiff.

Nous avons réalisé les expériences quantatives sur des poids d'alcool éthylique allant de 1 à 100^{mg}, ce qui représente dans le volume de 1$^{cm^3}$ sur lequel on effectue les dosages, des teneurs de 0,1 à 10 % d'alcool. En exprimant les colorations produites avec le réactif de Schiff en milligrammes de méthanol, nous avons obtenu, comme moyenne de cinq séries d'expériences, les chiffres suivants :

Alcool éthylique employé.	Divisions de l'électrophotomètre.	Méthanol correspondant (en mg).
0 (réactifs seuls)	32,2	—
1^{mg}	34,2	0,0030
2,5	35,6	0,0055
5,0	36,8	0,0075
10,0	39,4	0,0115
20,0	41,9	0,0155
50,0	47,8	0,0245
100,0	52,5	0,0320

Ces chiffres, comparés à ceux qui ont été rapportés au sujet du dosage du méthanol montrent nettement que l'alcool éthylique est loin de donner une réaction colorée aussi intense que le méthanol. Tandis que 100 microgrammes de l'alcool dérivé du méthane produisaient parallèlement, avec les mêmes réactifs ([4]), une déviation de l'électrophotomètre de $98,5 - 32,2 = 66,3$ divisions, la même quantité d'alcool éthylique n'aboutissait qu'à une déviation voisine de 0,2 division, soit environ 330 fois plus petite.

Une aussi grande différence donne à supposer qu'il doit être possible

---

([3]) *Ibid*, 226, 1948, p. 365.

([4]) Nous nous sommes servis dans ces dosages d'une autre préparation de réactif de Schiff que dans ceux de la Note citée en ([3]).

d'obtenir, dans l'analyse d'un mélange d'alcool éthylique et de méthanol, le dosage de ce dernier avec une bonne approximation. C'est en effet ce qui arrive, mais à la condition de tenir compte dans le mode opératoire de la remarque suivante. La quantité de permanganate de potassium ajoutée pour l'oxydation de la substance alcoolique est, pour des raisons qui ont été données antérieurement, aussi limitée que possible : seulement de 3^{mg} pour la prise d'essai amenée, on s'en souvient, au volume d'un centimètre cube. Théoriquement, cette quantité pourrait transformer $1^{mg},52$ de méthanol en aldéhyde formique et $2^{mg},18$ d'alcool éthylique en acétaldéhyde, s'il n'y avait pas de réactions secondaires.

Quand on fait agir ce permanganate sur un mélange des deux alcools, une partie est prise par l'oxydation de l'alcool éthylique et le méthanol n'en a plus à sa disposition qu'une proportion inférieure à celle dont il disposerait s'il était seul. On se trouve dans des conditions nouvelles pour transformer le méthanol en aldéhyde formique et la courbe des rendements obtenue est d'autant plus modifiée qu'il y a davantage d'alcool éthylique. Réciproquement, la transformation de ce dernier est aussi modifiée et l'on ne peut dans le cas de mélanges appliquer par un simple calcul les courbes de rendements établies avec les alcools séparés.

Nous avons, en conséquence, effectué l'oxydation permanganique, suivie de la réaction de Schiff, directement sur des mélanges de méthanol et de proportions croissantes d'alcool éthylique pur. Voici les chiffres que nous avons alors obtenus comme moyenne de cinq séries d'expériences :

Quantités d'alcools employées		Déviations de l'électrophotomètre.	Quantités de méthanol retrouvées.
Méthyl.	Éthyl.		
0 (réactifs seuls)		32,2	–
$0^{mg},100$	0,000	98,5	100,0
»	1^{mg}	96,1	97,0
»	2,5	97,5	98,5
»	5,0	97,2	98,0
»	10,0	83,5	78,0
»	20,0	64,5	49,0
»	50,0	57,8	40,0
»	100,0	56,9	39,0

D'après ces chiffres, la présence de l'alcool éthylique diminue, comme il fallait s'y attendre, le rendement du méthanol en aldéhyde formique, mais cette diminution est assez faible : elle ne dépasse pas 2 % tant qu'il n'y a pas plus de 50 parties d'alcool éthylique pour une de méthanol; elle atteint environ 50 % lorsqu'il y en a 200 fois plus, et l'on peut encore retrouver aisément et doser le méthanol quand ce dernier est en présence de 1 000 fois son poids d'alcool ordinaire.

Dans les cas où le méthanol n'existe qu'à des dilutions inférieures au millième du mélange alcoolique, il est recommandable de le concentrer par distillation à la colonne et de le doser dans les premières fractions ([5]).

MÉDECINE. — *L'action défatigante de l'oxygène chez l'Homme.* Note de MM. **Léon Binet** et **François Contamin**.

Des études poursuivies sur le Rat nous ont montré, dans des recherches réalisées avec Dr Bargeton et C. Laroche, à quel point l'inhalation d'atmosphère suroxygénée agissait sur les processus de fatigue.

D'abord, nous avons étudié l'influence de l'inhalation de mélanges gazeux enrichis en O_2 sur la capacité de travail et la fatigue du muscle gastrocnémien stimulé électriquement chez le Rat anesthésié à l'éther ([1]) : dans ces conditions, l'action défatigante de l'oxygène inhalé à une concentration plus élevée que dans l'air atmosphérique, se manifeste nettement chez le Rat normal. Elle est encore plus marquée chez le Rat surrénalectomisé et parvenu à un degré suffisant, mais pas trop accentué, d'insuffisance surrénale. Ensuite, grâce à l'épreuve de course à vitesse forcée, nous avons pu enregistrer les effets de l'inhalation d'oxygène sur la performance générale de l'organisme au cours d'un exercice mettant en jeu un grand nombre de muscles ([2]). L'animal épuisé récupère, par inhalation d'un mélange riche en O_2, et cela très rapidement, une capacité de course toujours plus importante que lorsqu'il inhale de l'air ordinaire.

Il importait de reprendre le problème chez l'Homme. A. V. Hill et ses collaborateurs ([3]) ont en effet montré que l'inhalation de mélanges à taux élevé en oxygène n'avait pratiquement pas d'action sur la rapidité du processus de récupération après l'exercice chez l'Homme (ce processus était apprécié dans leurs expériences par la mesure de l'oxygène consommé); que la rapidité de paiement d'une dette d'oxygène donnée était indépendante de la teneur en oxygène (dans les limites de leurs expériences) et qu'ainsi aucun avantage sérieux ne devait résulter pour un homme ordinaire et sain de l'administration d'oxygène pendant la récupération. M. Nielsen et O. Hansen ([4]) ont étudié plus récemment l'action de l'inhalation de mélanges gazeux riches en oxygène sur la

---

([5]) On trouvera d'autres détails dans un mémoire qui paraîtra prochainement.

([1]) L. Binet et D. Bargeton, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1523; *J. Physiol. Pathol. gén.*, 38, 1941-1943, p. 26.

([2]) L. Binet, D. Bargeton et C. Laroche, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 840; *Congrès national de l'Aviation française*, 1945, sous-section n° 37, rapport 8/37.

([3]) *In Proceedings Roy. Soc. London*, série B., 96, 97, 98; en particulier A. N. Hill, C. N. H. Long et H. Lupton, 97, 1924, p. 125.

([4]) *Skand. Arch. für physiol.*, 76, 1937, p. 37.

capacité de travail de l'Homme. D'autres travaux ([5]) ont porté sur le travail en atmosphère sous-oxygénée. Dans une revue générale récente ([6]), Hellebrandt et Karpovich concluent que l'action de l'oxygène semble nulle dans la plupart des cas; si son administration à des nageurs de 100m peut améliorer leur performance, c'est par la prolongation du temps d'apnée possible et non par augmentation des combustions; ces auteurs concluent que ce n'est qu'au cours d'efforts exceptionnellement intenses et lorsque les besoins en oxygène dépassent les possibilités d'absorption que l'administration d'oxygène peut être efficace.

Remarquons tout d'abord que le but de ces dernières expériences est assez différent du nôtre : elles étudient l'action de l'oxygène sur des performances, nous nous proposions d'étudier *son effet défatigant*

C'est donc le travail de A. V. Hill et collaborateurs qui devait nous servir de base de départ; et pour nous placer dans les conditions qu'il envisageait (dette d'oxygène donnée), nous avons limité l'inhalation d'oxygène à la phase de récupération consécutive à un travail donné, de valeur fixe.

Pour apprécier ce rôle défatigant, nous avons, comme chez le Rat, étudié la valeur d'une deuxième performance effectuée après cette phase de récupération. Divers auteurs ont en effet montré ([7]) que la mesure de la performance était encore le moyen le plus sûr d'apprécier la fatigue, plus que celle des diverses fonctions physiologiques concomitantes (pouls, quotient respiratoire, consommation d'oxygène, ventilation, acide lactique, dette d'oxygène, etc.).

En somme, notre méthode est analogue à celle qu'ont décrite E. Foltz et ses collaborateurs ([8]) pour l'étude de l'influence de la caféine sur la récupération; mais notre épreuve était fixe et non poussée jusqu'à épuisement, et la période de repos intermédiaire de récupération pendant laquelle était inhalé l'oxygène était de cinq minutes seulement; la deuxième épreuve, elle, était menée jusqu'à épuisement : c'est sa valeur qui exprime dans notre travail le degré de récupération.

Précisons quelques points de la méthode que nous avons personnellement utilisée : le sujet a été le même pour toutes nos expériences : c'est un étudiant en médecine bénévole, Pierre Roux, âgé de 21 ans. Toutes nos expériences ont été faites au laboratoire, à une température moyenne de 18°, deux heures environ après le repas de midi. Le travail effectué consistait en pédalage sur une bicyclette ergométrique, à rythme constant (déterminé par la synchronisation d'un déclic produit à chaque tour de roue avec les battements d'un métronome) et à résistance constante (obtenue par graissage et réglage

([5]) P. BERGERET, P. GIORDAN et M. V. STRUMZA, *Le travail humain*, nos 2, 5, 1937.

([6]) *War Medicine*, 6, n° 1, 1941, p. 745.

([7]) On trouvera les références à ce sujet dans deux revues des *Annual Reviews of Physiology*, l'une de E. SIMONSON, 6, 1944, p. 543-70; l'autre de C. L. TAYLOR, 7, 1945, p. 599.

([8]) E. FOLTZ, A. C. IVY et C. J. BARBORKA, *Am. J. Physiol.*, 136, n° 1, 1942.

continuels du frein). Ce rythme était de 90 tours de roue par minute (soit un peu moins de 40 coups de pédale pour notre bicyclette). Le travail était dans les conditions où nous nous étions placés de 930 kgm/min. La durée de la première épreuve était de 10 minutes, épreuve hautement fatigante puisqu'en la poursuivant le sujet était épuisé au bout de 2 à 4 minutes. Pendant le repos intermédiaire, dont la durée avait été fixée à 5 minutes, le sujet inhalait tantôt de l'air, tantôt de l'oxygène pur. Ces gaz étaient contenus dans de grands spiromètres de 100 l et inhalés par l'intermédiaire d'un masque à gaz d'étanchéité vérifiée.

Après le repos, on effectuait une deuxième épreuve analogue à la première mais menée, celle-là, jusqu'à épuisement.

C'est en comparant les valeurs de cette deuxième épreuve suivant la nature du gaz inhalé lors du repos intermédiaire que nous avons cherché à apprécier l'action de l'oxygène sur la fatigue déterminée par la première épreuve.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Double épreuve avec repos intermédiaire.
Inhalation tantôt d'air pur, tantôt d'oxygène pur pendant ce repos.

	Valeur de la deuxième épreuve.					
Dates.	Air.			Oxygène.		
23 janv. 1946...	11′	95 000^{kgm}	(+15 000)			
25 » ...				15′	142 550^{kgm}	(+24 950)
30 » ...	9′30″	88 800	(+ 8 800)			
1er fév. 1946...				13′30″	121 900	(+ 4 200)
6 » ...	7′	66 600	(−13 400)			
8 » ...				14′30″	141 500	(+13 900)
13 » ...	12′	113 600	(+33 600)			
15 » ...	7′30″	64 000	(−16 000)			
22 » ...				14′30″	137 400	(+19 800)
27 » ...				10′30″	97 100	(−20 500)
5 avril 1946...	7′	58 900	(−21 100)			
10 » ...	9′30″	89 900	(+ 9 900)			
12 » ...	7′	65 100	(−14.900)			
13 mai 1946...	8′30″	69 700	(−11 300)			
15 » ...				11′30″	99 500	(−18 100)
20 » ...				11′30″	102 800	(−14 800)
22 » ...				13′30″	118 300	(+ 700)
29 » ...				14′30″	128 100	(+10 500)
3 juin 1946...				12′	109 500	(− 8 100)
19 » ...	8′30″	77 500	(− 2 500)			
21 » ...	9′30″	86 250	(+ 6 250)			
28 » ...	10′	89 900	(+ 9 900)			
19 oct. 1946...				11′	95 050	(−22 550)
22 » ...	8′45″	76 450	(− 3 550)			
	Moyenne de 13 épreuves			Moyenne de 11 épreuves		
	8′53″	80 000^{kgm}		12′53″	117 600^{kgm}	

La comparaison des performances physiques sur bicyclette ergométrique effectuées après un repos de cinq minutes soit à l'air, soit sous oxygène, et menées jusqu'à épuisement chez un étudiant, cela pendant une période de dix mois allant de janvier à octobre chez un sujet, conduit aux conclusions suivantes :

1° au cours d'épreuves pratiquées pendant une même période de l'année, le repos sous oxygène augmente de façon significative la valeur de la performance consécutive et en augmente la régularité ;

2° au cours d'épreuves pratiquées après repos sous l'oxygène, la période de l'année influe de façon significative sur la valeur de la performance, celle-ci étant plus élevée en janvier et février que durant la période allant de mars à octobre. On peut donc supposer que soit l'élévation de la température ambiante, soit la préparation d'examens de fin d'année diminue la capacité de travail physique.

VOLCANOLOGIE. — *Éruption strombolienne du volcan Karthala* (22 avril-4 mai 1948). Note (*) de M. **Charles Poisson**.

A. Lacroix a décrit (1) avec ses principaux détails, l'éruption d'août 1918 du volcan Karthala (ou Karatala, d'après la prononciation indigène) de la Grande Comore. Depuis cette date l'activité s'était manifestée par l'émission continuelle de fumerolles tant au cratère qu'au-dessus de fissures connues, sur les flancs Nord et Sud-Est du cône, à différentes altitudes. L'un de ces dégagements de vapeur d'eau légèrement sulfureuse porte le nom créole de *Çà qui fume*. Parfois on avait signalé un accroissement du volume des vapeurs et fumées, et un réchauffement significatif du sol en un point du cratère. Quelques observateurs disent aussi avoir aperçu temporairement des lueurs au-dessus du cratère.

Le 22 avril 1948 on commença à voir, lorsque les nuages ne cachaient pas la cime, une colonne de fumée dense pendant le jour ; la nuit, cette colonne s'éclairait de lueurs rougeâtres. Ces phénomènes prirent rapidement de l'importance. Vue de Moroni, capitale de l'île, à 12 kilomètres environ à l'Ouest-Nord-Ouest du cratère, cette colonne lumineuse sous-tendait un angle de 1°30′ à 2°, correspondant à une hauteur de 300 à 400^{m} au-dessus du sommet.

Le paroxysme se produisit les 1er et 2 mai 1948, et l'activité notable prenait fin le 4 mai. Au moment de la phase maximum, deux volontaires firent l'ascension du Karthala, et purent pénétrer sans danger jusqu'au premier palier à l'intérieur du grand cratère. La description qu'ils ont pu nous faire correspond exactement aux manifestations stromboliennes. Une seule cheminée (diamètre

(*) Séance du 7 juin 1948.

(1) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 5.

approximatif 150^m) était active dans le cratère. Une nappe de lave bouillonnante la remplissait. Cette nappe effectuait une ascension un peu tumultueuse, à intervalles de temps réguliers. La période d'ascension durait approximativement une minute, et était suivie d'une petite explosion avec dégagement de gaz et de poussières, projetant verticalement des débris solides, vitreux, jusqu'à une altitude d'une centaine de mètres. Ces débris arrachés à la lave étaient de grosseur moyenne, de la largeur du poing à celle de la tête d'un homme, avec quelques blocs plus gros. La retombée s'effectuait sur le fond du grand cratère. On décrit l'odeur comme un mélange de pierre brûlée, de soufre, quelque peu alliacée. A une distance de 5 à 600^m du point d'émission, les observateurs notent qu'ils n'étaient pas sérieusement incommodés par ces émanations. Ils stationnaient évidemment au vent du petit cratère.

Envoyé en mission d'étude à la Grande Comore, je n'ai pu atteindre Moroni par avion que le 10 mai pour descendre dans le cratère le 14 mai. A ce moment le calme était revenu, et du cratère actif s'échappait seulement un rideau de vapeurs blanchâtres, très mélangées de vapeur d'eau.

Aucune coulée de lave n'a été signalée pendant la période du 22 avril au 4 mai. Une personne qui, pour les besoins de son service forestier, a parcouru au Nord-Est, entre le village de Kombani et les pentes supérieures du volcan, un itinéraire longeant les coulées basaltiques de 1904 et 1918, déclare avoir constaté des marques d'activité sur une petite fissure, d'où s'échappaient aussi des fumées et quelques projections solides. Un échantillon de ces projections, examiné sommairement, consistait en une scorie de verre basaltique légère, noire et très brillante; j'ai cru y voir un verre formé aux dépens de l'ancienne lave.

La description du cratère dans la Note de A. Lacroix (qui n'a pu visiter la Grande Comore) ne semble pas répondre à l'aspect actuel.

Le volcan Karthala, vu à distance, a l'aspect d'une masse conique, surmontée d'un plateau. Il se trouve dans la partie Sud de l'île de la Grande Comore, le sommet est à égale distance (12 à 14^{km}) de la mer en direction Est-Ouest, un peu plus près (10^{km}) de la côte Sud, et se prolonge vers le Nord sur une longueur de 45^{km} par une croupe chaotique, semée de petits cratères adventices, et dont l'altitude varie de 800 à 400^m en moyenne. Les bords du cratère, à l'altitude 2400^m, sont formés de lave basaltique, et entourent un cratère elliptique d'environ 4^{km} en direction Nord-Sud sur 3 à 3^{km},5 en direction Est-Ouest. Au Nord-Est cette ellipse est rétrécie par un angle rentrant au-dessus duquel se dresse un piton rocheux qui forme le point culminant de l'île (2560^m).

A l'Ouest et au Sud, entre les bords du cratère et la montagne, se creusent deux dénivellations à fond sableux plat; quelques petites mares où vont boire les cabris sauvages, ont fait donner à ces plaines le nom exagéré de lacs, lac Marguerite, à l'Ouest, étroit et long, lac Alice, au Sud, notablement plus

vaste. Le fond de ces lacs se trouve vers 2200m d'altitude, c'est-à-dire sensiblement au niveau du fond du grand cratère, dont ils ont probablement fait partie à une époque très éloignée de nous.

Dans le grand cratère on peut descendre en pente relativement douce jusqu'à un premier niveau, où l'altimètre marquait 2350 mètres. Le sol y est formé de sable vitreux, de verres palagonitiques noirs ou jaune brun, et de petits blocs de lave balsatique à cristaux microlithiques.

Ce premier niveau était, avant l'éruption de 1918, creusé vers son centre d'une cheminée à parois verticales de 80 à 100m de haut. Les explosions vulcaniennes des 25 et 26 août 1918 ont complètement modifié cette cheminée. Elle n'occupe plus le centre du cirque, et a fait disparaître le premier palier au Nord, au Sud et à l'Est.

Ce qui reste du premier palier au Sud-Ouest est une surface plane, entièrement recouverte par les produits de projection, où poussent de hautes bruyères (2 à 3m de haut). Ce palier est coupé vers l'intérieur par une falaise à pic, à dessin irrégulier, rocheuse. Laissant tomber une pierre à la verticale j'ai obtenu pour cette falaise une hauteur de 85 à 90 mètres.

Le fond de ce cratère intérieur ou deuxième niveau est lui aussi recouvert de sable en petites dunes et de blocs rocheux disséminés, ou en amas. Dans ce cratère intérieur les explosions de 1918 ont creusé deux cheminées à parois verticales. Celle du Sud, complètement inactive, traverse les couches horizontales de tufs mal consolidés; elle est de plus en plus dégradée et élargie par des éboulements causés par l'érosion des eaux pluviales. Au fond de cette cheminée, ordinairement sèche, existait au moment de ma visite une petite mare de quelques dizaines de mètres de diamètre.

Dans la partie Nord-Ouest du deuxième niveau, partie étranglée par l'angle rentrant du piton culminant, est creusée une deuxième cheminée à parois verticales d'environ 150m de diamètre, et dont l'intérieur est ordinairement voilé par des émissions de fumée.

M. Frédéric Riesz fait hommage à l'Académie d'une collection de Notes relatives à ses travaux de mathématique.

DÉSIGNATIONS.

M. de Chabrol est adjoint au Comité, précédemment constitué, qui sera chargé de diriger la publication de la Correspondance de Lavoisier.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Un théorème concernant le nombre des bases d'un sous-groupe transitif et primitif, à base du second ordre, du groupe symétrique.* Note de M[lle] **Sophie Piccard**, présentée par M. Paul Montel.

Soit n un entier $\geqq 4$, soit $\mathfrak{S}_n$ le groupe symétrique d'ordre n formé des substitutions des éléments $1, 2, \ldots, n$ et soit $\mathfrak{A}_n$ le sous-groupe alterné de $\mathfrak{S}_n$.

S'il existe une substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ permutable avec toutes les substitutions d'un sous-groupe transitif G de $\mathfrak{S}_n$, la substitution R est régulière et G est le groupe cyclique engendré par R, si R est circulaire, ou bien, si R se compose d'un nombre $r \geqq 2$ de cycles, G est un groupe imprimitif qui a pour système d'imprimitivité les r ensembles formés des éléments des différents cycles de la substitution R.

Il s'ensuit que, quel que soit le sous-groupe transitif et primitif G du groupe $\mathfrak{S}_n$, il n'existe aucune substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui soit permutable avec toutes les substitutions de G.

Soit, à présent, G un sous-groupe transitif et primitif de $\mathfrak{S}_n$, à base du second ordre, c'est-à-dire tel qu'il existe des couples de substitutions de G, générateurs de ce groupe, alors que G ne saurait être engendré par une seule de ses substitutions. Alors, quelle que soit la base S, T de G, il n'existe aucune substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui soit permutable aussi bien avec S qu'avec T. En effet, si une telle substitution existait, elle serait permutable avec toutes les substitutions de G, ce qui est impossible. Et s'il existe une substitution $R \neq 1$ de $\mathfrak{S}_n$ qui transforme S en T et T en S, cette substitution R est du second ordre et elle est unique. En effet, si R est une substitution de $\mathfrak{S}_n$, telle que $RSR^{-1} = T$ et que $RTR^{-1} = S$, la substitution R^2 est alors permutable aussi bien avec S qu'avec T, donc $R^2 = 1$, et, si R' est une seconde substitution du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui transforme S en T et T en S, alors $R'^{-1}R$ est permutable aussi bien avec S qu'avec T, donc $R'^{-1}R = 1$ et $R' = R$. Soit encore S, T une base quelconque de G et soit U une substitution quelconque du groupe $\mathfrak{S}_n$. Posons $USU^{-1} = S'$, $UTU^{-1} = T'$. Si $S' \in G$ et si $T' \in G$, S', T' est aussi une base de G, nous l'appellerons la transformée de la base S, T par la substitution U. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une substitution U de $\mathfrak{S}_n$ transforme une base S, T de G en une base de G, est que $UGU^{-1} = G$. Donc, l'ensemble des substitutions de $\mathfrak{S}_n$ qui transforment une base de G en une base de G se confond avec le sous-groupe Γ de $\mathfrak{S}_n$ formé de toutes les substitutions de $\mathfrak{S}_n$ qui sont permutables avec le groupe G, groupe dont G est un sous-groupe distingué. Soit m l'ordre de Γ. Quelle que soit la base S, T de G, s'il existe une substitution R de Γ qui transforme la base S, T en elle-même, d'après ce qui précède, cette substi-

tution R est du second ordre, elle est unique et transforme S en T et T en S. Si une telle substitution R n'existe pas, nous dirons que la base S, T est du type 1; nous dirons qu'elle est du type 2 dans le cas contraire.

Soit S_1, T_1; S_2, T_2; ... : S_N, T_N une suite (1) formée de bases de G, telle que, quels que soient les indices i et j ($1 \leqq i \leqq N$, $1 \leqq j \leqq N$, $i \neq j$), il n'existe aucune substitution U du groupe Γ qui transforme la base S_i, T_i en la base S_j, T_j et que, quelle que soit la base S, T de G, il existe un indice i ($1 \leqq i \leqq N$) et une substitution U de Γ, telle que la base S, T est la transformée de la base S_i, T_i par la substitution U. On détermine aisément une telle suite (1) par induction. Chacune des bases S_i, T_i ($1 \leqq i \leqq N$) possède soit m soit $m/2$ transformées distinctes au moyen des substitutions de Γ. En effet, soit i un indice quelconque, tel que $1 \leqq i \leqq N$. Supposons d'abord que la base S_i, T_i soit du type (1) et soient U et V deux substitutions distinctes quelconques de Γ. Posons $US_iU^{-1} = S'$, $UT_iU^{-1} = T'$, $VS_iV^{-1} = S''$, $VT_iV^{-1} = T''$. S', T' et S'', T'' sont deux bases de G. Montrons que ces bases sont distinctes. En effet, supposons le contraire. Deux cas sont alors possibles : (a) $S' = S''$, $T' = T''$. Mais alors la substitution $V^{-1}U$ du groupe Γ est permutable aussi bien avec S_i qu'avec T_i, ce qui implique que $V^{-1}U = 1$, donc $V = U$, ce qui est contradictoire. Le cas (a) ne saurait donc se présenter. Ou bien (b) $S' = T''$, $T' = S''$. Mais alors la substitution $V^{-1}U \neq 1$ du groupe Γ transforme la base S_i, T_i en elle-même, ce qui est contraire à notre hypothèse que cette base est du type 1. Le cas (b) ne saurait donc également se présenter. Il s'ensuit que la base S_i, T_i possède bien m transformées distinctes au moyen des substitutions de Γ.

Supposons maintenant que la base S_i, T_i soit du type 2. Il existe donc une substitution et une seule $R \neq 1$ de Γ, telle que $R^2 = 1$ et $RS_iR^{-1} = T_i$. Soit U une substitution quelconque de Γ et soit $US_iU^{-1} = S$, $UT_iU^{-1} = T$. On voit alors aisément qu'il existe une seconde substitution $V \neq U$ de Γ et une seule, notamment $V = UR$, qui transforme, elle aussi, la base S_i, T_i de G en S, T (elle transforme S_i en T et T_i en S). Donc le nombre total des transformées distinctes de la base S_i, T_i par les substitutions de Γ est $m/2$. Soit E_i l'ensemble des bases distinctes de G, transformées de la base S_i, T_i par les substitutions de Γ, $i = 1, 2, \ldots, N$. On voit sans peine que, si i et j sont deux nombres distincts de la suite $1, 2, \ldots, N$, les ensembles E_i et E_j sont disjoints. L'ensemble E_i est de puissance m ou $m/2$, quel que soit $i = 1, 2, \ldots, N$, et l'ensemble $E_1 + E_2 + \ldots + E_N$ comprend toutes les bases de G. Soit N_1 le nombre de bases de la suite (1) qui sont du type 1, soit $N_2 = N - N_1$ et soit u, le nombre total de bases de G. Si $N_2 = 0$, on a $u = mN$ et, si $N_2 > 0$, on a $u = (2N_1 + N_2)m/2$. On a donc la proposition : *quel que soit le sous-groupe transitif et primitif* G *du groupe* $\mathfrak{S}_n$, *à base du second ordre, le nombre total de bases de* G *est un multiple de m ou de m/2, m désignant le nombre des substitutions du groupe* $\mathfrak{S}_n$ *qui transforment le groupe* G *en lui-même.*

Exemple 1. — Soit $G = \mathfrak{A}_n$. Alors $\Gamma = \mathfrak{S}_n$, $m = n!$, $N_1 > 0$, $N_2 > 0$ et le nombre total de bases de $\mathfrak{A}_n$ est toujours multiple de $n!/2$.

Exemple 2. — Soit $n = 2n' - 1$ un nombre premier ≥ 5 et soit G le groupe d'ordre $2n$ composé des substitutions $S^i T^j (i = 1, 2, \ldots, n, j = 1, 2)$, où $S = (1, 2, \ldots, n)$, $T = (2n)(3n-1)\ldots(n'n+1)$. Ici Γ est le groupe métacyclique d'ordre $n(n-1)$ formé des substitutions de $\mathfrak{S}_n$ qui transforment S en $S^i (i = 1, 2, \ldots, n-1)$. Le groupe G admet pour bases les $n(n-1)$ couples de substitutions S^i, $S^j T (i = 1, 2, \ldots, n-1, j = 1, 2, \ldots, n)$ et les $n(n-1)/2$ couples si $S^i T$, $S^j T (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n, i \neq j)$, soit au total $3n(n-1)/2$ bases de ce nombre est bien un multiple de $n(n-1)/2$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Étude de la surface de Riemann de* $f(z) = e^{hz}\dfrac{e^{z}-1}{z}$, $h > 0$. Note (*) de M[lle] **Lucette Clément**, présentée par M. Henri Villat.

Les zéros de $f(z)$ ont pour images les $H_i (x = 0, y = 2i\pi, i \neq 0)$. Soit $\varphi(w) = z$ la fonction inverse de $f(z)$. Elle admet pour points critiques algébriques les images des zéros de $f'(z)$ et pour point critique logarithmique l'origine. Les zéros de $f'(z)$ sont situés dans la bande $\mathrm{Log}[h/(h+1)] < x < 0$ et il y en a un et un seul A_n d'affixe z_n dans le rectangle $2\pi n < y < (2n + 1/2)\pi$ sauf pour $n = 0$. Pour $y < 0$ on note $z_{-n} = -z_n$. Quand $n \to \infty$, $|w_n| \to 0$ et $\mathrm{Arg}\, w_n \to 2\pi n h - \pi/2$. Pour décomposer le plan des z en domaines d'univalence, on y trace d'abord les deux branches Γ_n et Γ'_n images des demi-droites $\mathrm{Arg} f(z) = \mathrm{Arg} f(z_n) = \varphi_n =$ const. sur lesquelles $|f(z)|$ croît en tendant vers l'infini. Γ_n et Γ'_n entourent H_n et ont chacune une asymptote parallèle à Ox. L'allure de ces courbes est donnée par la figure 1.

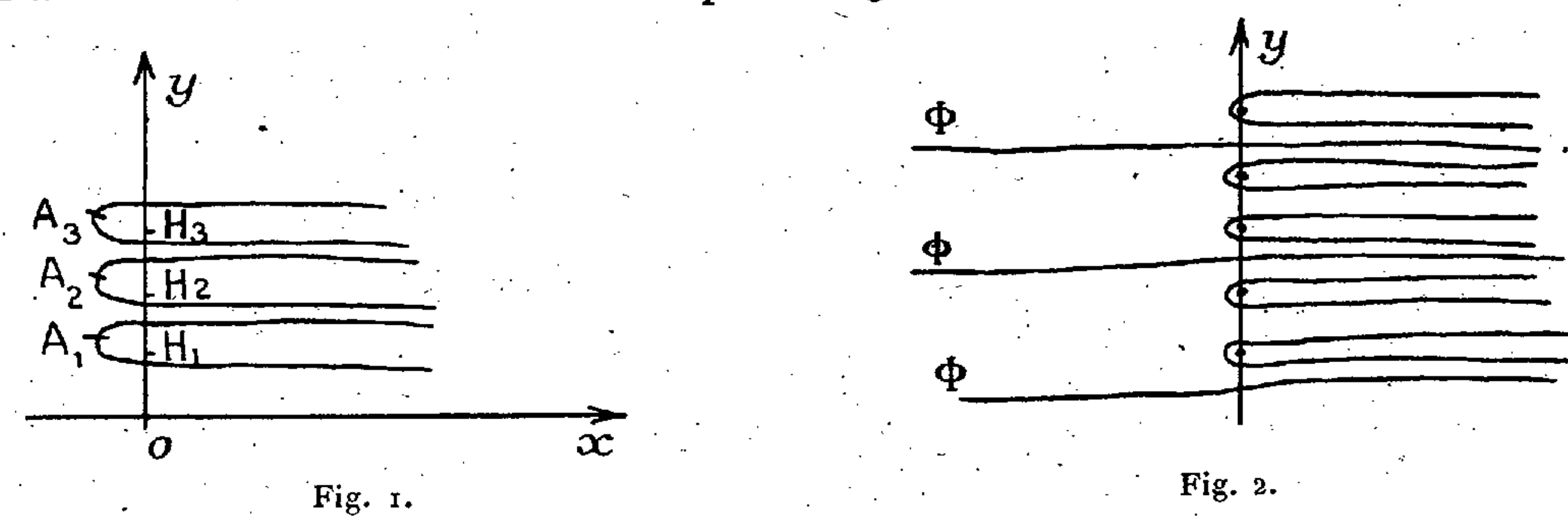


Fig. 1. Fig. 2.

Soit Δ_0 le domaine extérieur à ces courbes. On doit tracer, en outre, dans le plan des z l'image située dans Δ_0 de la coupure

$$\mathrm{Arg}\, w = \theta \neq \varphi_n \text{ quel que soit } n$$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

on peut toujours trouver θ puisque les A_n sont seulement en infinité dénombrable. Soit Φ l'ensemble des courbes ainsi obtenues. Un arc de Φ image de $\operatorname{Arg} w = \theta$ avec $|w|$ croissant de o à $+\infty$ a 2 asymptotes parallèles à Ox, l'une pour $x \to -\infty$, l'autre pour $x \to +\infty$. Entre les arcs ainsi obtenus viennent s'intercaler les coupures (Γ_n, Γ'_n). Leur alternance dépend des valeurs de h :

Si $h = n$ entier, entre 2 courbes consécutives Γ, il y a n arcs de Φ.

Si $h = 1/n$, entre 2 arcs de Φ consécutifs il y a n courbes $(\Gamma_i + \Gamma'_i)$ (*fig.* 2, $n = 1/2$).

Si $h = p/q$, p et q entiers, l'alternance des Γ et Φ se reproduit périodiquement. Et entre 2 courbes Γ consécutives, le nombre d'arcs de Φ est égal à l'entier immédiatement inférieur ou immédiatement supérieur à h, tandis qu'entre 2 arcs de Φ consécutifs, le nombre de $(\Gamma_i + \Gamma'_i)$ est égal à l'entier immédiatement inférieur ou immédiatement supérieur à $1/h$.

Si h est irrationnel, l'alternance n'est plus périodique, mais les autres propriétés subsistent.

La surface de Riemann a l'allure de l'hélicoïde obtenu pour $\log z$. Mais des feuillets δ_i correspondant aux Δ_i, $i \neq 0$, s'encastrent sur ceux de l'hélicoïde le long des coupures joignant les w_i au point à l'infini de w. Pour ces feuillets la seule ligne de passage est cette demi-droite.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Un cas de congruences doublement stratifiables.* Note de M. **Fernand Backes**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous conserverons les notations de notre Note précédente [1]. Le cas examiné où $\lambda_1 = \lambda$ est le seul possible si l'on veut que les plans osculateurs aux courbes $(P_1)_u$, $(P_1)_v$ passent par P_2 et que ceux relatifs aux courbes $(P_2)_u$, $(P_2)_v$ passent par P_1. Les congruences, lieux des droites telles que P_1P_2, sont très spéciales, car la droite P_1P_2 appartient au plan π représenté par l'équation $x_1\varphi + x_2\lambda\psi = x_3 + \lambda x_4$. En vertu des équations (3) et (4), ce plan est fixe, car ses coordonnées m_i sont proportionnelles aux quantités $\partial m_i/\partial u$, $\partial m_i/\partial v$ $(i = 1, 2, 3, 4)$, que fournit la théorie du tétraèdre mobile.

Les formules (3) et (4) permettent d'étudier : la congruence engendrée par la droite joignant les points de coordonnées $(1, 0, -\varphi, 0)$, $(0, 1, 0, -\psi)$; celle, lieu de la droite représentée par les équations $x_1 + x_3\varphi$, $x_2 + x_4\psi = 0$; la surface, lieu du pôle du plan π relativement au tétraèdre mobile $N_1N_2N_3N_4$.

Pour obtenir toutes les congruences W (u, v n'étant pas nécessairement les paramètres des asymptotiques des nappes focales) dont la droite génératrice s'appuie sur N_1N_3 et N_2N_4, on disposera de deux fonctions φ, ψ de manière

---

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1952.

que les équations différentielles des asymptotiques des nappes focales soient équivalentes. On est ainsi conduit à deux équations aux dérivées partielles en φ, ψ.

2. La congruence $(N_1 N_2)$ étant toujours supposée W_{uv}, examinons s'il est possible que les droites telles que $N_1 N_3$, $N_2 N_4$ engendrent des congruences doublement stratifiables.

A cet effet, désignons encore par $(1, 0, \varphi, 0)$ et $(0, 1, 0, \psi)$ les coordonnées d'un point P de $N_1 N_3$ et d'un point Q de $N_2 N_4$. Les plans tangents aux surfaces (P) et (Q) contiendront respectivement les droites $N_2 N_4$ et $N_1 N_3$ si l'on a les égalités

$$\varphi'_u + a_{31} + (a_{33} - a_{11})\varphi = a_{13}\varphi^2, \qquad \varphi'_v + (b_{33} - b_{11})\varphi = b_{13}\varphi^2,$$
$$\psi'_u + a_{42} + (a_{44} - a_{22})\psi = a_{24}\psi^2, \qquad \psi'_v + (b_{44} - b_{22})\psi = b_{24}\psi^2,$$

et les congruences seront doublement stratifiables si le système précédent est complètement intégrable. Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que l'on ait la relation

$$\text{(C)} \qquad a_{14} b_{41} + a_{23} b_{32} = 0.$$

On démontre alors que u, v sont les paramètres des asymptotiques des surfaces (P) et (Q) et que l'équation de Laplace à laquelle satisfont les coordonnées d'une droite telle que PQ admet l'invariant k nul.

Pour interpréter la condition obtenue ci-dessus, nous formons l'équation de Laplace

$$\frac{\partial^2 p}{\partial u \, \partial v} + A \frac{\partial p}{\partial u} + B \frac{\partial p}{\partial v} + C p = 0,$$

vérifiée par les coordonnées $p_{12} = 1$, $p_{13} = \ldots = p_{34} = 0$ de la droite $N_1 N_2$, génératrice de la congruence W_{uv} donnée.

En faisant usage des formules de la théorie du tétraèdre mobile qui donnent les variations des coordonnées de droites, nous obtenons les expressions de A, B, C, lesquelles entraînent l'égalité

$$\frac{\partial A}{\partial u} + AB - C = a_{14} b_{41} + a_{23} b_{32}.$$

Ainsi, la condition (C) exprime que l'invariant h de l'équation de Laplace relative à la congruence $(N_1 N_2)$ est nul. On obtiendra une propriété analogue si l'invariant k de cette même équation est nul.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur la comparaison du fluage et de la relaxation.* Note (*) de MM. **Pierre Laurent** et **Michel Eudier**, transmise par M. Albert Portevin.

Une des méthodes de comparaison les plus anciennes du fluage et de la relaxation dérive du principe de superposition de Bolzmann; elle a été appliquée récemment par Gross [1] en partant de l'expression :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}[1+\xi(t)]$$

(dans laquelle ε est la déformation de fluage, E le module d'élasticité, $\xi(t)$ une fonction du temps et σ la charge appliquée).

Cette expression n'est pas conforme à l'expérience puisqu'elle indique que pour un temps constant la déformation est proportionnelle à la charge appliquée; il nous semble préférable d'écrire :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \psi(\sigma, t).$$

Dans ces conditions si $\varphi(\sigma, t) = \partial\psi/\partial t$, l'équation de la relaxation s'écrit : d'après le principe de Bolzmann

$$\sigma(t) = E\varepsilon_0 - E\int_0^t \varphi(\sigma, t-\tau)\,d\tau.$$

Nous avons déterminé à la température ordinaire les courbes de fluage d'un alliage AlCu à 9,7 % de cuivre. Partant de ces courbes nous avons calculé plusieurs courbes de relaxation par la formule ci-dessus. On constate qu'il n'y a superposition avec les courbes expérimentales que pour des charges inférieures à la limite élastique et pour des temps faibles (inférieurs à 10 heures) [2].

D'autres procédés ont été proposés; nous citerons :

a. La comparaison de la vitesse de fluage pour un temps et pour une charge donnés avec la vitesse de relaxation lorsque l'éprouvette supporte la même charge pour le même temps.

b. La comparaison des vitesses pour un temps et une déformation visqueuse donnée. En effet, au cours du fluage, la déformation est la somme de la déformation élastique et de la déformation visqueuse, tandis qu'en relaxation la déformation visqueuse est la différence entre la déformation initiale et le produit de la charge instantanée par 1/E.

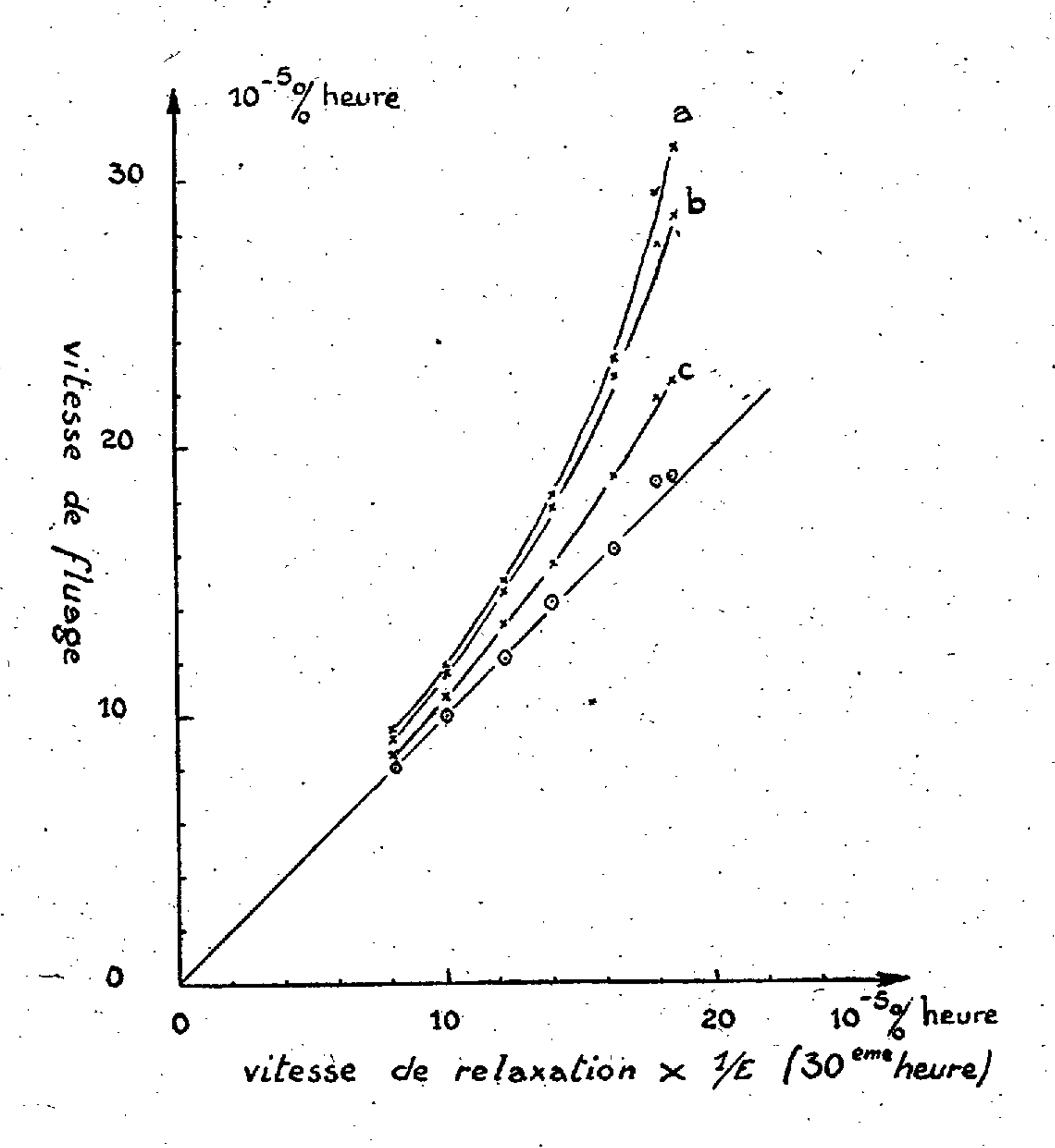
(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) *J. of Appl. Phys.*, février 1947, p. 212.

(2) P. Laurent et M. Eudier, Communication à la Société de Métallurgie, octobre 1947.

c. La comparaison des vitesses pour la même déformation visqueuse et la même charge appliquée ([3]).

La figure montre les résultats de ces différents procédés [sur cette figure



nous avons porté non pas $d\sigma/dt$ mais $(1/E)(d\sigma/dt)$ pour la relaxation]. On constate que les méthodes (*a*) et (*b*) donnent sensiblement les mêmes résultats et que la méthode (*c*) est meilleure sans être entièrement satisfaisante.

Le principe de Bolzmann et les méthodes précédentes admettent implicitement qu'il existe une équation d'état pour la déformation, c'est-à-dire que la vitesse de déformation ne dépend à un instant donné que de la déformation et de la charge à cet instant. Ce fait est en contradiction avec les théories actuelles de la plasticité cristalline ([4]), dans lesquelles la vitesse de fluage est fonction non seulement de l'état du métal à l'instant considéré, mais encore des états antérieurs.

Une méthode empirique donne de meilleurs résultats pour la comparaison envisagée. Dans tous les cas pratiques la vitesse de fluage tend vers une limite u_L; en comparant la vitesse de relaxation quand la charge extérieure a la

---

([3]) *Voir* à ce sujet DAVENPORT, *J. of Appl. Mech.*, 60, 1938, p. A 56.

([4]) P. LAURENT, *Revue de Métallurgie*, 42, 1945, p. 79.

valeur σ et la déformation visqueuse une valeur ε avec la vitesse de fluage pour cette même charge quand la déformation a la valeur $\varepsilon + u_L t$, on obtient les points marqués ⊙. Dans la limite des expériences faites, cette comparaison est satisfaisante.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Correspondance mécanique classique-mécanique ondulatoire. Intégrale du deuxième ordre indépendante du temps. Principe d'extrémum. Formation des opérateurs du deuxième ordre.* Note (*) de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons dans une Note antérieure [1] étudié la correspondance entre les opérateurs intégrales premières du deuxième ordre et les intégrales premières quadratiques dans un cas particulier et nous avions pu en déduire la forme de l'ensemble des termes différentiels de l'opérateur.

Nous étudions ici le cas général où l'hamiltonien classique H et la fonction intégrale première F sont : $H = (1/2)\Sigma_{ik} g^{ik} p_i p_k + u$, $F = \Sigma_{ik} P_{ik} p_i p_k + R$, P_{ik}, g^{ik}, u, R fonctions des q_1, q_2, q_n.

F satisfait à $(E_1)\Sigma_i[(\partial F/\partial p_i)(\partial H/\partial q_i) - (\partial F/\partial q_i)(\partial H/\partial p_i)] = 0$; on a les relations

$$\text{(I)} \quad \Sigma_k P_{ik} \frac{\partial g^{lm}}{\partial q_k} + P_{lk} \frac{\partial g^{im}}{\partial q_k} + P_{mk} \frac{\partial g^{il}}{\partial q_k} - g^{ik} \frac{\partial P_{lm}}{\partial q_k} - g^{lk} \frac{\partial P_{im}}{\partial q_k} - g^{mk} \frac{\partial P_{il}}{\partial q_k} = 0$$

(au nombre de C_n^3),

$$\text{(II)} \quad \Sigma_k P_{ik} \frac{\partial g^{mm}}{\partial q_k} + P_{mk} \frac{\partial g^{im}}{\partial q_k} - g^{ik} \frac{\partial P_{mm}}{\partial q_k} - g^{mk} \frac{\partial P_{im}}{\partial q_k} = 0 \qquad \text{(au nombre de } C_n^2\text{)},$$

$$\text{(III)} \quad \Sigma_k P_{mk} \frac{\partial g^{mm}}{\partial q_k} - g^{mk} \frac{\partial P_{mm}}{\partial q_k} = 0 \qquad \text{(au nombre de } C_n^1\text{)}$$

L'équation de commutation de la mécanique ondulatoire E_2 définit A à partir de F et de H : $(E_2)\, AH - HA \equiv 0$

$$A = -\frac{h^2}{4\pi^2} \Sigma_{ik} \left(P_{ik} \frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + Q_i \frac{\partial}{\partial q_i} + R_1 \right) + R,$$

$$H = -\frac{h^2}{8\pi^2} \left(\Sigma_{ik} g^{ik} \frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial q_i} (g^{ik} \sqrt{g}) \frac{\partial}{\partial q_k} \right) + u,$$

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 797.

elle fournit outre les équations (I), (II), (III) les équations aux dérivées partielles

$$\text{(IV)}\quad \left\{\begin{array}{l} \Sigma_i \mathrm{Q}_i \dfrac{\partial g^{lm}}{\partial q_i} - g^{il}\dfrac{\partial \mathrm{Q}_m}{\partial q_i} - g^{im}\dfrac{\partial \mathrm{Q}_l}{\partial q_i} + \Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}\dfrac{\partial^2 g^{lm}}{\partial q_i \partial q_k} + \mathrm{P}_{im}\dfrac{\partial \mathrm{G}_l}{\partial q_i} \\ \qquad + \mathrm{P}_{il}\dfrac{\partial \mathrm{G}_m}{\partial q_i} - \Sigma_{ik} g^{ik}\dfrac{\partial^2 \mathrm{P}_{lm}}{\partial q_i \partial q_k} - \mathrm{G}_i \dfrac{\partial \mathrm{P}_{lm}}{\partial q_i} = 0, \\ \mathrm{G}_i = \dfrac{1}{\sqrt{g}}\Sigma_k \dfrac{\partial}{\partial q_k}(g^{ki}\sqrt{g}) \qquad (\text{au nombre de } \mathrm{C}_n^2). \end{array}\right.$$

$$\text{(V)}\quad \Sigma_i \mathrm{Q}_i \frac{\partial g^{mm}}{\partial q_i} - g^{im}\frac{\partial \mathrm{Q}_m}{\partial q_i} + \Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}\frac{\partial^2 g^{mm}}{\partial q_i \partial q_k} + \mathrm{P}_{im}\frac{\partial \mathrm{G}_m}{\partial q_i}$$
$$- \Sigma_{ik} g^{ik}\frac{\partial^2 \mathrm{P}_{mm}}{\partial q_i \partial q_k} + \mathrm{G}_i \frac{\partial \mathrm{P}_{mm}}{\partial q_i} = 0 \qquad (\text{au nombre de } \mathrm{C}_n^1).$$

Ces relations définissent les Q_i.

On peut remarquer dans le cas étudié dans notre Note ([1]) que les fonctions Q_i sont telles qu'une solution F de l'équation aux dérivées partielles

$$\Sigma_i \mathrm{P}_i \frac{\partial^2 \mathrm{F}}{\partial q_i^2} + \mathrm{Q}_i \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial q_i} = 0$$

donne un extremum de l'intégrale

$$\int \Sigma_i \mathrm{P}_i \left(\frac{\partial \mathrm{F}}{\partial q_i}\right)^2 d\tau, \qquad d\tau = \sqrt{g}\, dq_1\, dq_2\, dq_n.$$

C'est une propriété intrinsèque, quand la fonction $\mathrm{F} = \Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}p_i p_k$.

Le même procédé donne

$$\Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}\frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial q_i}(\mathrm{P}_{ik}\sqrt{g})\frac{\partial}{\partial q_k}.$$

On montre effectivement à l'aide des équations (I), (II), (III) que les équations (IV) et (V) sont compatibles et admettent pour solutions les fonctions Q_i fournies par le calcul des variations. On peut donc énoncer le théorème suivant :

Théorème. — *Quand une intégrale première classique* $\Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}p_i p_k + \mathrm{R}$ *donne lieu à l'intégrale quantique*

$$-\frac{h^2}{4\pi^2}\left(\Sigma_{ik}\mathrm{P}_{ik}\frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \mathrm{Q}_i \frac{\partial}{\partial q_i} + \mathrm{R}_1\right) + \mathrm{R}$$

on a

$$\mathrm{Q}_i = \frac{1}{\sqrt{g}}\Sigma_k \frac{\partial}{\partial q_k}(\mathrm{P}_{ki}\sqrt{g})$$

($\sqrt{g}$ *capacité tensorielle de l'espace de configuration*).

L'analyse des calculs montre qu'il n'est pas nécessaire pour les Q_i, comme pour le cas des intégrales du premier ordre, que g soit défini à partir des g^{ik} pourvu que les équations (I), (II), (III) soient satisfaites; le choix de g est arbitraire, c'est celui de la capacité tensorielle de l'espace où a lieu la quantification. Le procédé est général. Il donne en particulier l'hamiltonien quantique.

Nous sommes donc conduit à la suite de cette étude à l'admettre comme procédé de construction des opérateurs du deuxième ordre indépendamment de toute considération d'intégrale première, on a alors le *principe*.

Les opérateurs du deuxième ordre correspondant à une fonction quadratique des moments de Poisson $F = \Sigma_{ik} P_{ik} p_i p_k + R$ sont de la forme

$$-\frac{h^2}{4\pi^2}\left[\Sigma_{ik} P_{ik} \frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial q_i} (P_{ik}\sqrt{g}) \frac{\partial}{\partial q_k} + R_1\right] + R.$$

$\sqrt{g}$ étant la capacité tensorielle de l'espace de quantification.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'équation d'ondes non relativiste des corpuscules de spin $h/4\pi$ dans un champ nucléaire général.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous considérons un corpuscule de Dirac de spin $h/4\pi$, de masse propre m_0 en interaction avec un champ de forces nucléaires général caractérisé par un scalaire I_1, un vecteur U_0, $\mathbf{U}$, un tenseur antisymétrique du second ordre $\mathbf{P}$, $\mathbf{M}$, un pseudo-vecteur S_0, $\mathbf{S}$, un pseudo-scalaire I_2.

L'état de ce corpuscule est représenté par les fonctions d'ondes Ψ_k, $(k = 1, 2, 3, 4)$, solutions de l'équation d'ondes

$$(1) \qquad \{p_0 + (\mathbf{p}.\boldsymbol{\alpha}) + m_0 c\,\alpha_4 + I_1 \alpha_4 + [U_0 + (\mathbf{U}.\boldsymbol{\alpha})] + [(\mathbf{P}.\boldsymbol{\pi}) + (\mathbf{M}.\boldsymbol{\rho})] + [S_0\sigma_0 + (\mathbf{S}.\boldsymbol{\sigma})] + I_2\alpha_5\}\Psi_k = 0,$$

où

$$\boldsymbol{\alpha} = \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3; \quad \boldsymbol{\pi} = i\boldsymbol{\rho}\alpha_4; \quad \boldsymbol{\sigma} = i\alpha_2\alpha_3, \quad i\alpha_3\alpha_1, \quad i\alpha_1\alpha_2; \quad \boldsymbol{\rho} = \boldsymbol{\sigma}\alpha_4,$$

$$\sigma_0 = i\alpha_1\alpha_2\alpha_3; \quad \alpha_5 = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4; \quad \alpha_\mu\alpha_\nu + \alpha_\nu\alpha_\mu = 2\,\delta_{\mu\nu} \quad (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4),$$

$$p_0 = -i\hbar\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}, \qquad \mathbf{p} = i\hbar\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}}; \qquad \hbar = \frac{h}{2\pi}.$$

Avec la représentation usuelle des matrices α_μ, écrivant $\varphi_{1,j}$ pour ψ_1, ψ_2, $\varphi_{2,j}$ pour ψ_3, ψ_4, $(j = 1, 2)$, l'équation (1) se décompose en donnant le système

$$(2) \quad [p_0 + m_0 c + U_0 + (\mathbf{S}.\boldsymbol{\sigma}) + I_1 + (\mathbf{M}.\boldsymbol{\sigma})]\varphi_1 + \{(\mathbf{p}.\boldsymbol{\sigma}) + (\mathbf{U}.\boldsymbol{\sigma}) + S_0 + i[I_2 - (\mathbf{P}.\boldsymbol{\sigma})]\}\varphi_2 = 0,$$

$$(3) \quad \{p_0 + U_0 + (\mathbf{S}.\boldsymbol{\sigma}) - [m_0 c + I_1 + (\mathbf{M}.\boldsymbol{\sigma})]\}\varphi_2 + \{(\mathbf{p}.\boldsymbol{\sigma}) + (\mathbf{U}.\boldsymbol{\sigma}) + S_0 - i[I_2 - (\mathbf{P}.\boldsymbol{\sigma})]\}\varphi_1 = 0.$$

Nous introduisons l'approximation non relativiste en posant $p_0 = p'_0 + m_0 c$, $[p'_0 \approx W/c$ non relativiste$]$ et en supposant $[p'_0 + U_0 + (\mathbf{S}.\boldsymbol{\sigma}) + I_1 + (\mathbf{M}.\boldsymbol{\sigma})]$ négligeable devant $2m_0 c$. L'équation (2) nous donne alors

$$(4) \qquad 2m_0 c\varphi_1 \approx -\{(\mathbf{p}.\boldsymbol{\sigma}) + (\mathbf{U}.\boldsymbol{\sigma}) + S_0 + i[I_2 - (\mathbf{P}.\boldsymbol{\sigma})]\}\varphi_2$$

et en reportant dans (3).

$$(5) \quad \Big\{p'_0 + U_0 - I_1 + (\mathbf{S}.\boldsymbol{\sigma}) - (\mathbf{M}.\boldsymbol{\sigma}) - \frac{1}{2m_0 c} \times \Big[(\mathbf{p} + \mathbf{U})^2 + \mathbf{P}^2 + S_0^2 + I_2^2 + \big([[2\mathbf{E}\wedge(\mathbf{p} + \mathbf{U})] + 2S_0(\mathbf{p} + \mathbf{U}) - 2I_2 P].\boldsymbol{\sigma}\big) + \hbar\big(\operatorname{div}\mathbf{P} + ([\operatorname{rot}\mathbf{U} - i\operatorname{rot}\mathbf{P} + i\operatorname{grad}S_0 - \operatorname{grad}I_2].\boldsymbol{\sigma})\big)\Big]\Big\}\varphi_2 = 0.$$

Définissant une impulsion généralisée Π par

$$\boldsymbol{\Pi} = \mathbf{p} + \mathbf{U} - [\mathbf{P} \wedge \sigma] + S_0 \sigma, \tag{6}$$

l'équation (5) s'écrit encore

$$\Big\{ p'_0 + U_0 - I_1 + (\mathbf{S}.\sigma) - (\mathbf{M}.\sigma) - \frac{1}{2 m_0 c} \times \Big[\boldsymbol{\Pi}^2 + [I_2 - (\mathbf{P}.\sigma)]^2 - 2(\mathbf{P}^2 + S_0^2) + \hbar \big[\operatorname{div} \mathbf{P} + \big((\operatorname{rot} \mathbf{U} - \operatorname{grad} I_2).\sigma \big) \big] \Big] \Big\} \varphi_2 = 0. \tag{7}$$

Introduisant le champ électromagnétique (A_0, $\mathbf{A}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$) et les champs mésiques scalaire ($\mathcal{J}_1$, $\mathcal{C}'_0$, $\mathcal{C}'$), vectoriel ($\mathcal{C}_0$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{E}$, $\mathcal{H}$), pseudovectoriel ($\mathcal{E}'$, $\mathcal{H}'$, $\mathcal{S}'_0$, $\mathcal{S}'$, pseudoscalaire ($\mathcal{S}_0$, $\mathcal{S}$, $\mathcal{J}_2$) correspondant à des mésons de masses $m_0^{(s)} = \hbar k_0^{(s)}$, $m_0^{(v)} = \hbar k_0^{(v)}$, $m_0^{(pv)} = \hbar k_0^{(pv)}$, $m_0^{(ps)} = \hbar k_0^{(ps)}$ par les relations

$$I_1 = g_1 \mathcal{J}_1; \qquad (\mathbf{U}_0, \mathbf{U}) = g_2(\mathcal{C}_0, \mathcal{C}) + f_1(\mathcal{C}'_0, \mathcal{C}') + \varepsilon(A_0, \mathbf{A}),$$
$$(\mathbf{P}, \mathbf{M}) = f_2(\mathcal{E}, \mathcal{H}) + g_3(\mathcal{E}', \mathcal{H}') + \mu_0(\mathbf{E}, \mathbf{H}),$$
$$(S_0, \mathbf{S}) = f_3(\mathcal{S}'_0, \mathcal{S}') + f_4(\mathcal{S}_0, \mathcal{S}); \qquad I_2 = g_4 \mathcal{J}_2,$$

g_1, g_2, g_3, g_4, f_1, f_2 f_3, f_4 étant des constantes d'interactions mésiques, $c\varepsilon = e$ une charge électrique, μ_0 un moment magnétique propre, le terme en $\hbar$ de l'équation (7) s'écrit encore

$$\hbar \big[-f_2 (k_0^v)^2 \mathcal{C}_0 + \big([g_2 \mathcal{H} + \varepsilon \mathbf{H} + g_4 \mathcal{S}].\sigma \big) \big]. \tag{8}$$

L'équation (1) fait correspondre le flux (ρ, $\mathbf{v}$) à l'opérateur $-c\alpha$ dont la densité s'écrit

$$-c\psi^\star \alpha \psi = -c[\varphi_1^\star \sigma \varphi_2 + \varphi_2^\star \sigma \varphi_1].$$

Introduisant l'expression (4) de φ_1, nous en tirons

$$\begin{aligned} (\rho \mathbf{v}) &= \frac{1}{2 m_0} \Big[i\hbar (\varphi_2^\star \operatorname{grad} \varphi_2 - \operatorname{grad} \varphi_2^\star \varphi_2) + \hbar \operatorname{Rot}(\varphi_2^\star \sigma \varphi_2) \\ &\qquad + 2 \varphi_2^\star \big[(S_0.\sigma) + \mathbf{U} - [\mathbf{P} \wedge \sigma] \big] \varphi_2 \\ &= \frac{1}{2 m_0} \Big[\varphi_2^\star \big(\underset{\leftarrow}{\boldsymbol{\Pi}^\star} + \underset{\rightarrow}{\boldsymbol{\Pi}} \big) \varphi_2 \Big] + \frac{\hbar}{2 m_0} \operatorname{Rot}(\varphi_2^\star \sigma \varphi_2) \Big]. \end{aligned} \tag{9}$$

et intégralement

$$\int (\rho \mathbf{v})\, d\tau = \frac{1}{2 m_0} \int \varphi_2^\star \big(\underset{\leftarrow}{\boldsymbol{\Pi}^\star} + \underset{\rightarrow}{\boldsymbol{\Pi}} \big) \varphi_2\, d\tau = \int \varphi_2^\star \frac{\boldsymbol{\Pi}}{m_0} \varphi_2\, d\tau. \tag{10}$$

L'équation (7) compte tenu de (8) généralise l'équation de l'électron de Pauli ou si nous négligeons le terme (8) l'équation de Schrödinger pour un corpuscule de spin $h/4\pi$ en intéraction avec un champ nucléaire mélange de champs électromagnétiques et mésiques. Les équations (9) et (10) montrent notamment l'influence du spin dans les phénomènes de diffusion nucléaire, l'expression (9) devant remplacer le flux $(i\hbar/2m_0)[\varphi^\star(\operatorname{grad}\varphi) - (\operatorname{grad}\varphi^\star)\varphi]$ généralement considéré.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre de* Nova Cygni 1948. Note (*) de Mlle **Marie Bloch** et M. **Charles Fehrenbach**, présentée par M. Bernard Lyot.

Cette nova de 10e magnitude a été découverte le 2 juin 1948, à l'observatoire de l'Université de Oklahoma. Nous l'avons observée régulièrement, à partir du 4 juin, avec le spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope de 120^{cm} d'ouverture de l'observatoire de Haute-Provence.

Nous donnons ci-dessous la reproduction d'un spectre obtenu le 4 juin. Il est

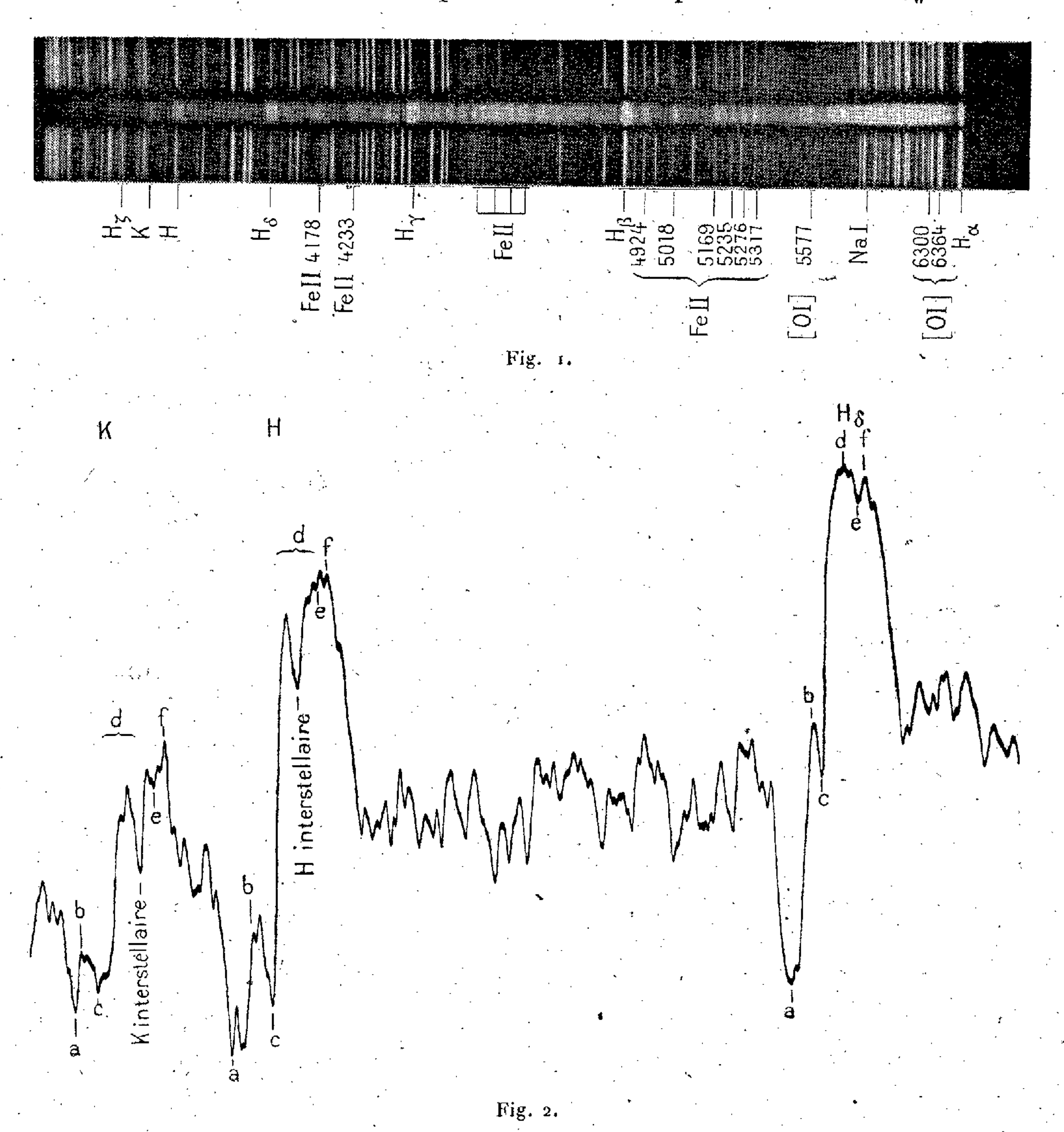


Fig. 1.

Fig. 2.

caractérisé par de larges raies d'émission à structure complexe superposées à

(*) Séance du 21 juin 1948.

un fond continu. Les raies les plus intenses appartiennent aux éléments suivants :

H de $H\alpha$ à $H\eta$; CaII, H et K; NaI le doublet D, D_2 non résolu; FeII, spectre très intense avec de très nombreuses raies à structure complexe; [OI], les trois fortes raies 5577, 6300, 6364 Å.

Les éléments suivants donnent des raies moins intenses :

OI, 3947, 4673, 5958, 6046, 6158, 6454 Å; TiII, 3901, 3913, 4308-4312-4315, 4395, 4443, 4469 Å; CrII, 4242, 4275, 4558, 4588, 4824, 5678, 6090 Å; SiII, 3863, 4128, 4131 Å; CII, 4267 Å. Des raies plus faibles proviennent de :

NI, 4151, 4935, 5829 Å; NII, 4447, 4630, 4780, 5680 Å; [SII], le doublet 4068, 4076 Å. L'absence des raies de l'hélium est à signaler.

Les raies de l'hydrogène, de CaII et de FeII sont très larges et présentent la structure suivante : *a.* une absorption très forte correspondant à une vitesse radiale de — 1175 km/s; *b.* une émission fine à — 800 km/s; *c.* une absorption assez forte à — 625 km/s; *d.* une émission large légèrement déplacée vers les petites longueurs d'onde, pour les raies de CaII cette émission est découpée par les raies d'absorption interstellaire H et K très marquées; *e.* une absorption faible à + 135 km/s; *f.* une émission étroite à + 300 km/s.

Cette structure est visible sur l'enregistrement que nous reproduisons, obtenu avec le microphotomètre de Chalonge, entre 3900 et 4150 Å.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Notions métriques liées à une vibration moléculaire en quatrième puissance.* Note (*) de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons dans de précédentes études [1] montré qu'il était possible de lier une équation différentielle aussi ancienne que l'équation de Riccati à des notions de quanta et ainsi de faire correspondre divers états énergétiques à des notions métriques classiques, telles que celles des courbes isométriques ou isoradiiques liées à ce type d'équation.

Nous allons, dans la présente Note, nous attacher à certains types d'anneaux plans dans lesquels l'énergie potentielle, pour de petits déplacements, est proportionnelle à la quatrième puissance du déplacement [2].

Nous prenons donc l'oscillateur unidimensionnel pour lequel $V(x) = ax^4$; l'équation de propagation, après un changement de variable et utilisant des

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) G. Viguier, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1958; *Enchaînement et quantification : L'oscillateur harmonique linéaire et le rotateur sphérique* (mémoires sous presse).

(2) R. P. Bell, *Proc. Roy. Soc.*, Londres (fév. 40); *Phil. Magazine* (1944); J. L. Dunkan, *Phys. Review*, 1932, p. 713-721.

notations appropriées, s'écrit

$$(1)\qquad \frac{d^2 y_k}{du^2} + (\lambda_k - u^4)\, y_k = 0.$$

Pour la mesure des niveaux d'énergie on utilise, comme nous le dit H. R. P. Bell, la méthode d'approximations Brillouin-Kramers-Wentzel qui fournit la relation

$$(2)\qquad 2\Lambda_1 . \lambda_n^{\frac{3}{2}} - 8r(2n+1)\,\lambda_n^{\frac{3}{4}} + \Lambda_2 = 0 \quad \text{avec} \quad \Lambda_1 = 13{,}98;\ \Lambda_2 = 2{,}636.$$

Ainsi, suivant l'approximation adoptée, nous aurons soit :

$$(3)\qquad \lambda_n = 0{,}342\,(2n+1)^{\frac{1}{3}} \left[2 + \frac{0{,}233}{(2n+1)^2} \right]^{\frac{4}{3}},$$

soit

$$(4)\qquad \lambda_n = 0{,}867\,(2n+1)^{\frac{4}{3}}.$$

Reprenons l'équation (1) qui, par un changement immédiat de fonction, se met sous la forme canonique d'une équation de Riccati

$$(5)\qquad \frac{dy_k}{du} + y_k^2 + \lambda_k - u^4 = 0.$$

Associons à ce problème la théorie des développantes généralisées. La courbe-base (M) étant donnée par $\xi(u)\,\eta(u)$ (avec $\operatorname{tg}\alpha = \eta'/\xi'$) la courbe adjointe (L) par $F(u)\,G(u)$, si nous désignons par σ'_k l'élément d'arc de (M), nous avons

$$\sigma'_k = \lambda_k - u^4, \qquad F = \xi = -\alpha' \frac{\eta'}{\lambda_k - u^4}, \qquad G - \eta = \alpha' \frac{\xi'}{\lambda_k - u^4}.$$

Il est remarquable de constater qu'ici encore il est possible d'aborder le problème oscillatoire de la vibration moléculaire quatrième puissance à partir de courbes planes isométriques dont la fonction d'arc σ'_k est égale à $\lambda_k - u^4$.

Dans ce problème, si nous faisons choix de deux niveaux voisins (k) et $(k+1)$ suffisamment élevés, nous avons pour une même valeur du paramètre u la relation géométrique

$$\overline{M_{k+1} M_k} = \overline{L_{k+1} L_k} = 2{,}92\,\sqrt[3]{k}.$$

Si nous associons maintenant à l'équation (5) la théorie des développées généralisées ([3]) qui revient à considérer la normale, et non la tangente, à la courbe-base (M). Nous obtenons les égalités

$$\rho_k = \sqrt{u^4 - \lambda_k}; \qquad F - \xi = -\frac{\eta'}{\alpha'} - \alpha' \frac{\xi'}{\sigma'_k}; \qquad G - \eta = -\frac{\xi'}{\alpha'} - \alpha' \frac{\eta'}{\sigma'_k}.$$

([3]) G. Viguier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1958; *Annales Fac. Sc. Toulouse*, (L) IX, 59, 1945 (sous presse).

Et nous voyons qu'il est également possible d'aborder la vibration moléculaire quatrième puissance à partir de courbes planes isoradiiques pour lesquelles le rayon de courbure ρ_k a la valeur $\sqrt{u^4 - \lambda_k}$.

Faisant dès lors choix, comme précédemment, de deux niveaux voisins (k) et ($k+1$), nous avons les relations

$$\rho_{k+1}^2 = \rho_k^2 - 2{,}92\sqrt[3]{k}; \qquad \overline{M_k L_k^2} = \rho_k^2 + \frac{\sigma_k'^2}{\rho_k^2}.$$

Ainsi donc, après l'oscillateur harmonique linéaire et le rotateur sphérique, la vibration moléculaire en quatrième puissance vient confirmer et appuyer les possibilités d'analogies entre notions de quanta et notions métriques liées à une même équation de Riccati.

OPTIQUE. — *Sur la variation de la biréfringence du verre dans le domaine de transformation.* Note (*) de Mme **Aniuta Winter-Klein**, transmise par M. Frédéric Joliot.

L'existence dans le verre du domaine de transformation, c'est-à-dire d'une région de température dans laquelle les propriétés du verre subissent un changement abrupt, a été montrée par l'étude des constantes telles que l'indice de réfraction et le coefficient de dilatation [1].

On obtient des résultats particulièrement frappants en cherchant à mettre en évidence l'existence du domaine de transformation par l'étude de la biréfringence. Pour ce faire, chauffons à une vitesse constante un échantillon en forme de parallélépipède de $20 \times 20 \times 50^{mm}$ et mesurons la biréfringence en fonction de la température par la méthode de la lame quart d'onde [2]. Au début de la chauffe un gradient de température s'établit dans la masse du verre et la biréfrigence augmente; elle diminue ensuite un peu lorsque l'échauffement atteint le milieu de l'échantillon (le gradient de température diminue), pour devenir à peu près constante lorsqu'une vitesse régulière de chauffe s'établit dans toute la masse de l'échantillon (voir courbe de la *fig.* 1). Telle est l'allure du phénomène jusqu'à ce que le domaine de transformation soit atteint.

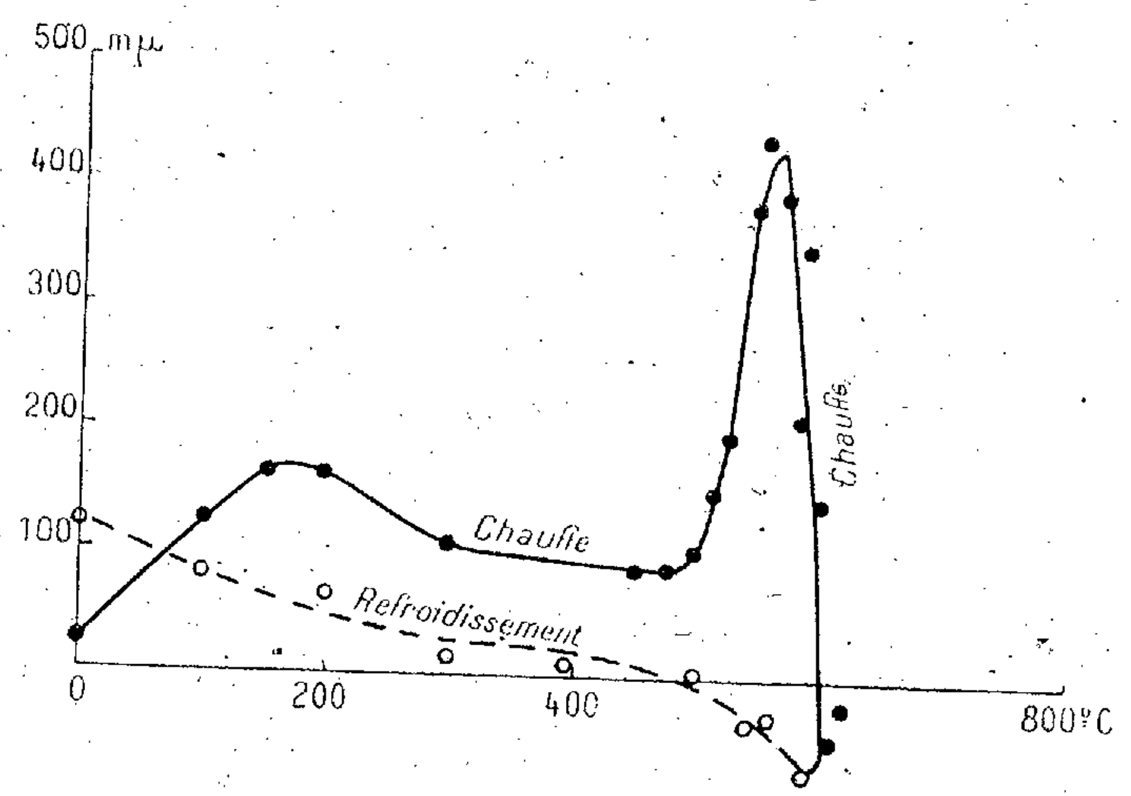
Au début de ce domaine se produit un accroissement subit de la biréfringence qui passe par un maximum et diminue de nouveau. Cette pointe de biréfringence peut être expliquée très simplement : comme un gradient de température existe dans la masse du verre, l'extérieur atteint la température du domaine de transformation plus tôt que l'intérieur; la transformation est

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) Lebedeff, *Revue d'optique*, 5, 1926, p. 1 à 30; A. Winter *Journal of American Ceramic Society*, (6), 26, 1943, p. 189-199.

(2) Lebedeff, *Transactions of the Optical Institute*, II, n° 10, 1921.

accompagnée d'un changement de volume spécifique de la partie extérieure de l'échantillon et des tensions naissent. Quand la transformation atteint le milieu de l'échantillon, les volumes spécifiques commencent à s'égaliser



et les tensions diminuent. Lors du refroidissement (la branche en pointillé de la courbe I), on superpose d'abord aux tensions existantes des tensions de signe contraire et la biréfringence diminue; quand le refroidissement s'établit dans la masse entière les tensions augmentent de nouveau, pour aboutir, à la température ambiante, à une valeur plus grande qu'avant le début de toute chauffe.

L'augmentation des tensions est un fait normal lorsqu'on refroidit le verre après l'avoir chauffé au-dessus d'une certaine température; mais il est à souligner qu'ici l'apparition des tensions a eu lieu non pas au refroissement, mais à l'échauffement.

Le phénomène d'accroissement de la biréfringence dans le domaine de transformation est doublement intéressant : 1° il apporte une nouvelle preuve qu'un changement intime se produit dans le verre, dans ce domaine de températures; 2° il montre la possibilité d'existence dans le verre de tensions autres que celles expliquées par la solidification des couches extérieures du verre, alors que l'intérieur reste encore plastique (et qui, par conséquent, ne peuvent être engendrées que lors du refroidissement). Nous voyons ici qu'à part ces tensions qu'on peut appeler mécaniques, il existe dans le verre des tensions dues aux différents volumes spécifiques des parties transformées à un degré différent, et que ces tensions peuvent naître aussi bien au refroidissement qu'à l'échaufffement.

Un traitement thermique peut donc introduire dans un verre trempé des tensions de signe contraire de celles qui existaient avant ce traitement. Il en résulte un verre ayant peu ou pas du tout de tensions sans que sa qualité soit bonne, car un traitement thermique pareil ne supprime ni l'hétérogénéité, ni l'instabilité dans le temps.

SPECTROSCOPIE. — *Phosphorescence de l'azote dans une atmosphère d'hélium.* Note (*) de M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

De nombreuses tentatives ont été faites pour reproduire, au laboratoire, l'émission aurorale de la molécule d'azote. Kaplan (1938) a réussi, le premier, à exciter les bandes négatives en phosphorescence. La composition spectrale de cette phosphorescence varie avec les conditions expérimentales (Herman 1945, 1948). Toutefois, le premier système positif a une intensité bien plus grande dans les spectres émis par l'azote pur que dans les aurores de haute altitude. La faible intensité relative de ce système a permis d'observer la raie interdite 5199 Å ($^4S - ^2D$) dans les aurores (Dufay et Tcheng Mao Lin, 1941). La présence de molécules non dissociées à des altitudes de plusieurs centaines de kilomètres semble contraire aux théories admises et le mécanisme de leur excitation est encore obscur.

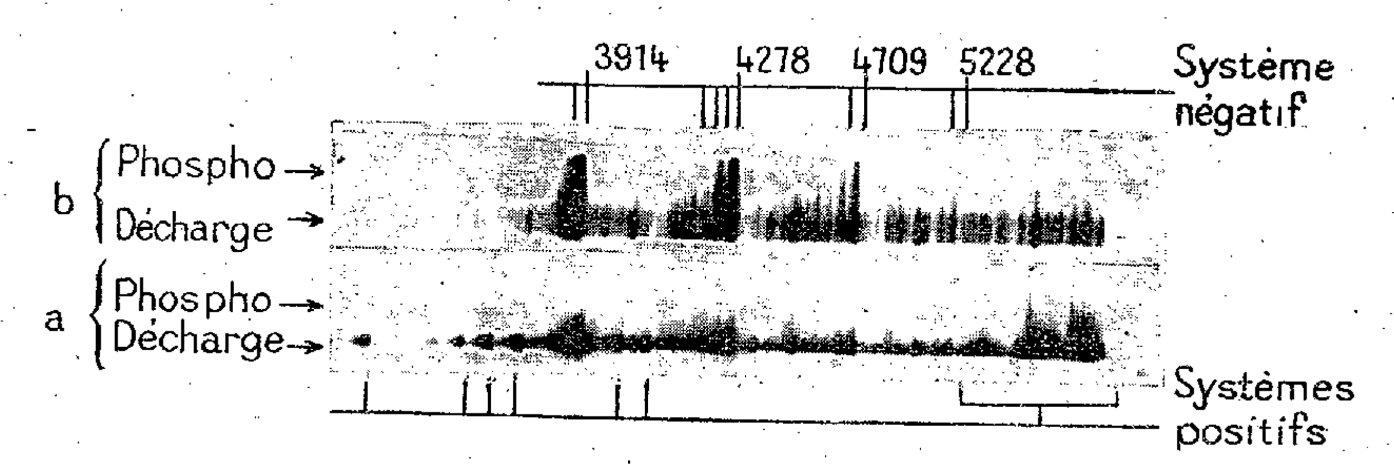
L'objet du présent travail est d'essayer d'obtenir une meilleure reproduction de ce spectre auroral et de rechercher l'origine de l'émission prépondérante du premier système négatif. J'ai utilisé dans ce but un tube rempli d'hélium sous une pression de deux millimètres de mercure, portant deux fenêtres en quartz, l'une, en bout, permettant de viser suivant l'axe du tube, l'autre, au milieu, pour l'observation transversale afin de pouvoir déceler une autoabsorption. L'azote pur est préparée par décomposition thermique de l'azotehydrate de sodium.

Pour des pressions allant de un millimètre de mercure environ aux valeurs les plus basses, probablement inférieures à 10^{-4} millimètre de mercure, aucun effet d'autoabsorption n'a pu être décelé sur la distribution d'intensité des bandes dans les séquences du premier système négatif. Par contre, pour une faible pression partielle d'azote, on a un effet d'autoabsorption important pour les raies d'hélium à niveau inférieur métastable.

La phosphorescence de l'azote, très intense dans mes expériences, subit d'importantes modifications lorsque la composition du mélange gazeux varie. Pour une pression partielle d'azote de l'ordre du dixième de millimètre de mercure, on obtient, après la rupture du courant, un spectre de phosphorescence illustré de la reproduction *a* de la figure : il ressemble à celui observé dans l'azote pur, à côté des bandes négatives très développées figurent les bandes positives et les bandes de Goldstein-Kaplan. Lorsque la pression baisse et devient probablement inférieure au centième de millimètre de mercure, l'intensité du premier système négatif est prépondérante. Les spectres obtenus pendant et après la décharge sont représentés sur la reproduction *b* de la figure. Dans ce spectre remarquable, l'intensité des bandes positives, surtout celle du système $B^3\Pi - A^3\Sigma$, situé dans le rouge et le vert, est très faible,

(*) Séance du 5 juillet 1948.

contrairement à tous les spectres auroraux de l'azote obtenu précédemment au laboratoire. En phosphorescence, les raies He I sont faibles, leur intensité augmente et devient prépondérante lorsque la pression partielle de l'azote diminue encore, mais les bandes négatives sont toujours présentes.



Au cours de ces expériences, j'ai constaté que l'émission des bandes négatives et leur développement anormal dans les séquences peuvent être observés aussi bien dans l'azote pur que dilué dans l'hélium. On ne peut donc retenir l'interprétation de Duffendack, Revans et Roy (1934) attribuant cet effet à l'excitation de $N_2(X^1\Sigma_g^+)$ par choc avec un atome métastable He(IS). L'émission ci-dessus, qui s'effectue en l'absence de tout choc électronique, peut rendre illusoire la recherche de l'énergie électronique dans les aurores par l'étude de l'évolution des intensités relatives des bandes négatives et positives en fonction de l'énergie des électrons excitateurs (Bernard, 1940). Il semble que l'interprétation la plus probable soit la recombinaison des ions N_2^{++} avec les électrons lents. Le rôle de l'hélium consisterait simplement en une protection contre l'effet destructeur de la paroi. Cet effet cause l'extinction de la phosphorescence de l'azote pur sous faible pression alors que, dans une atmosphère d'hélium, on peut observer le phénomène sous des pressions partielles très faibles. La recombinaison des ions N_2^{++} s'opère avant celle des ions He^+. Ceci montre que le potentiel d'ionisation du premier est plus élevé. Des données de Watson et Koontz (1934) on peut déduire que ce potentiel dépasse 26,1 eV, alors que celui de l'hélium est de 24,5 eV.

La recombinaison non perturbée des ions N_2^+, sous faible pression partielle d'azote, n'est pas accompagnée d'émission des bandes positives mais s'effectue probablement par transition directe vers l'état normal et émission des bandes de la série de Rydberg dans l'ultraviolet extrême (Worley et Jenkins 1938).

Il n'est pas aisé d'indiquer la nature de l'agent ionisant, tant dans mes expériences que dans les aurores de haute altitude. S'agit-il d'une ionisation par choc électronique ou par absorption de rayonnement par la molécule normale ? Au laboratoire, le rayonnement pourrait être fourni pendant la décharge par le spectre continu à la limite de la série principale du parhélium. Dans les aurores, il faudrait admettre un rayonnement solaire de longueur d'onde inférieure à 474 Å.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans le spectre visible.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Bernard Lyot.

Comme application, en photométrie photographique, d'une source fluorescente, préparée par M. Servigne et présentée dans les *Annales d'Astrophysique* en 1942, nous avons déterminé, dans le spectre visible, les coefficients d'absorption de l'ozone à 18° et leurs variations avec la température. Ces sujets ont été déjà traités : Colange et Mme Vassy ont donné les valeurs des coefficients à 18°, Vassy a traduit, par des courbes, les variations des coefficients en fonction de la température, G. L. Humphrey et R. M. Badger, dans une publication récente ([1]), ont infirmé les résultats de Vassy.

Mesure des coefficients à 18°. — Nous les avons raccordés aux valeurs les plus récentes dans l'U. V. publiées par Barbier et Chalonge ([2]), par l'emploi bien connu du tube en croix : la longueur de la branche courte ($52^{mm},7$) diffère aussi peu que possible du diamètre (40^{mm}) du tube. Après avoir préparé un gros excès d'ozone liquide, avec de l'oxygène électrolytique, on peut balayer le tube d'absorption par un courant lent d'ozone et réaliser rapidement un mélange homogène et concentré en ozone. On attend toujours un certain temps avant la prise du premier spectre destiné à la détermination des coefficients les plus faibles. Pour les coefficients plus grands, on laisse l'ozone se dissocier lentement, ce qui favorise encore l'homogénéité; j'ai attendu en moyenne 40 heures entre la première et la dernière série des spectres.

Le faisceau lumineux fourni par la source fluorescente traverse le tube d'absorption parallèlement aux génératrices, et on le reçoit sur un spectrographe ouvert à $f/9$ (dispersion, $4^{cm},25$ entre 4358 et 5790 Å). Pour les longueurs d'onde supérieures à 6500 Å, nous avons remplacé la lampe fluorescente par une lampe à incandescence alimentée par une batterie de 1000 AH.

Le faisceau U. V. est obtenu avec un tube à hydrogène et analysé dans un spectrographe à U. V. ouvert à $f/9$.

Variation des coefficients d'absorption avec la température. — L'étude a été faite de 80 à — 93°, à l'aide du premier spectrographe.

a. Au-dessus de 18°, on chauffe le tube électriquement; nous avons fait des mesures à 50 et 80°. L'oxygène utilisé pour l'alimentation de l'ozoniseur était préparé avec de l'oxylithe et desséché par de l'acide sulfurique concentré, une colonne d'anhydride phosphoriqne de 80^{cm} et un piège à oxygène liquide. On déduit l'épaisseur réduite à 50 ou à 80° de sa valeur à 18° par un procédé indiqué par Barbier et Chalonge (*loc. cit.*).

(*) Séance du 19 juillet 1948.

([1]) *Journal of chemical Physics*, vol. 15, 1947, p. 794.

([2]) *Annales de Physique*, 17, p. 272.

TABLEAU

λ (en Å).	$10^4 K_{18}$.	$10^3 \varepsilon$.	$10^3 \rho_{80}$.	$10^3 \rho_{50}$.	$10^3 \rho_{-93}$.
4421...	23	2	–	–	–
4440...	26 M	»	–	–	–
4475...	23 *m*	»	–	–	–
4516...	26 M	»	–	–	–
4551...	25 *m*	»	–	–	–
4585...	40	3	–	–	–
4620...	56 M	»	–	–	–
4667...	44 *m*	»	–	–	–
4710...	58 M	»	–	–	–
4731...	55 *m*	»	–	–	–
4770...	75	»	–	–	–
4831...	118 M	4	–	–	−32
4874...	103 *m*	»	–	–	−26
4928...	114	»	–	–	−20
4969...	135	»	–	–	− 9
5012...	190	5	–	–	+ 7
5060...	232 M	»	–	–	− 6
5118...	225 *m*	»	–	–	−13
5148...	235	»	–	–	−13
5196...	263	»	–	–	−11
5245...	305	»	–	–	+ 1
5296...	368	6	+ 7	+13	+ 3
5340...	386 M	»	+ 9	+10	− 4
5365...	380 *m*	»	+11	+10	− 5
5405...	400	»	+ 4	+12	–
5461...	430	»	− 5	+ 6	–
5512...	458	»	+ 5	+ 2	–
5564...	485	5	0	+ 2	+ 7
5617...	550	»	− 2	+ 9	+12
5670...	595	»	− 6	+ 7	+12
5735...	632 M	»	− 5	− 6	+ 9
5754...	630	»	+ 1	− 2	+10
5783...	620 M	5	+ 3	− 3	+ 9
5842...	592	»	+ 4	+10	+ 6
5872...	585 *m*	»	− 2	+10	+ 7
5934...	612	»	− 2	+ 9	+14
5968...	645	6	+ 1	+ 7	+14
6020...	689 M	»	− 7	+10	+12
6075...	655	5	0	+ 7	+10
6108...	620	»	+ 2	+ 6	+ 1
6180...	547	»	+ 6	+ 7	+ 3
6256...	516	»	+10	+ 8	+ 3
6335...	460	4	+ 6	+ 6	+ 1
6376...	430	»	+ 9	+ 7	− 7
6458...	370	»	+ 8	+ 5	−13
6500...	345	»	+ 8	+ 8	−10
6544...	319	»	–	–	–
6634...	280	»	–	–	–
6681...	253	3	–	–	–
6727...	225	»	–	–	–
6777...	203	»	–	–	–
6828...	185	»	–	–	–
6876...	170	»	–	–	–
6925...	148	»	–	–	–
6981...	127	»	–	–	–
7036...	115	»	–	–	–
7089...	105	»	–	–	–
7122...	100	»	–	–	–
7168...	96	»	–	–	–
7207...	85	»	–	–	–
7264...	75	»	–	–	–
7328...	65	»	–	–	–
7392...	55	»	–	–	–

b. Au-dessous de 18°, on refroidit le tube d'absorption avec de la glace carbonique. Nous avons préparé l'oxygène par décomposition de l'eau oxygénée et du permanganate de potassium en milieu sulfurique. Le refroidissement est extrêmement rapide et la dissociation de l'ozone, au cours de cette période, négligeable. On peut s'en assurer en appliquant le procédé de Barbier et Chalonge, ou simplement en vérifiant qu'après retour à 18°, l'épaisseur de l'ozone a très sensiblement la même valeur qu'au départ. Les concentrations en ozone étaient de 30 % environ.

Résultats. — Tous les clichés ont été enregistrés au microphotomètre Chalonge. Les moyennes des mesures faites sur un grand nombre de clichés sont condensées dans le tableau. L'erreur probable sur la moyenne a été calculée

par la formule $\varepsilon = 0,68\sqrt{\Sigma(\Delta x_i)^2/n(n-1)}$, où $\Sigma(\Delta x_i)^2$ désigne la somme des carrés des résidus et n le nombre de mesures. $\rho_t = (\Sigma\delta' - \Sigma\delta)/\Sigma\delta$, δ' et δ désignant les densités optiques à $t°$ et à 18°, relatives à la même épaisseur d'ozone.

Les valeurs à 18° s'écartent très peu de celles qu'a données Mme Vassy, sauf aux extrémités du spectre, où j'ai pu employer des épaisseurs réduites de l'ordre de 60cm.

Le minimum à 5365 Å et le maximum voisin à 5340 Å sont nets sur tous les enregistrements.

Les variations trouvées aux diverses températures ne dépassent pas les erreurs des mesures photométriques. Ces résultats confirment ceux de Humphrey et Badger. Mme Lefebvre [3] l'avait d'ailleurs signalé.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Influence de la pression et de la résistance d'entrée sur les courbes de réponse des compte-photons à* CuI/alcool. Note (*) de Mme **Solange Lormeau**, présentée par M. Louis Hackspill.

Influence de la pression. — Pour chaque cellule on a tracé les courbes de réponse (courbes donnant le nombre de décharges en fonction de l'intensité lumineuse), correspondant à des pressions différentes de l'atmosphère d'alcool qu'elle contenait.

Au-dessous de 5mm de mercure, il est exceptionnel d'obtenir des cellules sensibles.

Pour des pressions comprises entre 5mm et 10mm on obtient de bonnes cellules à caractéristiques vérifiant la formule $I = C(a^N - 1)$ [1]. (N différence entre le nombre de décharges par minute et le nombre de décharges à l'obscurité.) Si l'on augmente la pression, il y a apparition entre 11mm et 15mm, suivant les cellules, d'un point d'inflexion à tangente verticale. Pour de faibles variations de l'intensité lumineuse la courbe est nettement concave vers le haut; ensuite elle remonte brusquement, puis s'incurve normalement, la convexité vers le haut.

A mesure que l'on fait croître la pression et pour des mêmes variations d'intensité, ce point d'inflexion est de plus en plus marqué. Au début de la courbe la cellule est très peu sensible aux variations du flux lumineux puis démarre brusquement pour une certaine valeur de ce flux. Cette brusque remontée est probablement due à des réactions en chaîne qui s'effectuent à ce moment dans l'atmosphère gazeuse.

On peut atténuer et même faire disparaître ce point d'inflexion en augmentant suffisamment la tension. Nous avons vu en effet qu'une tension

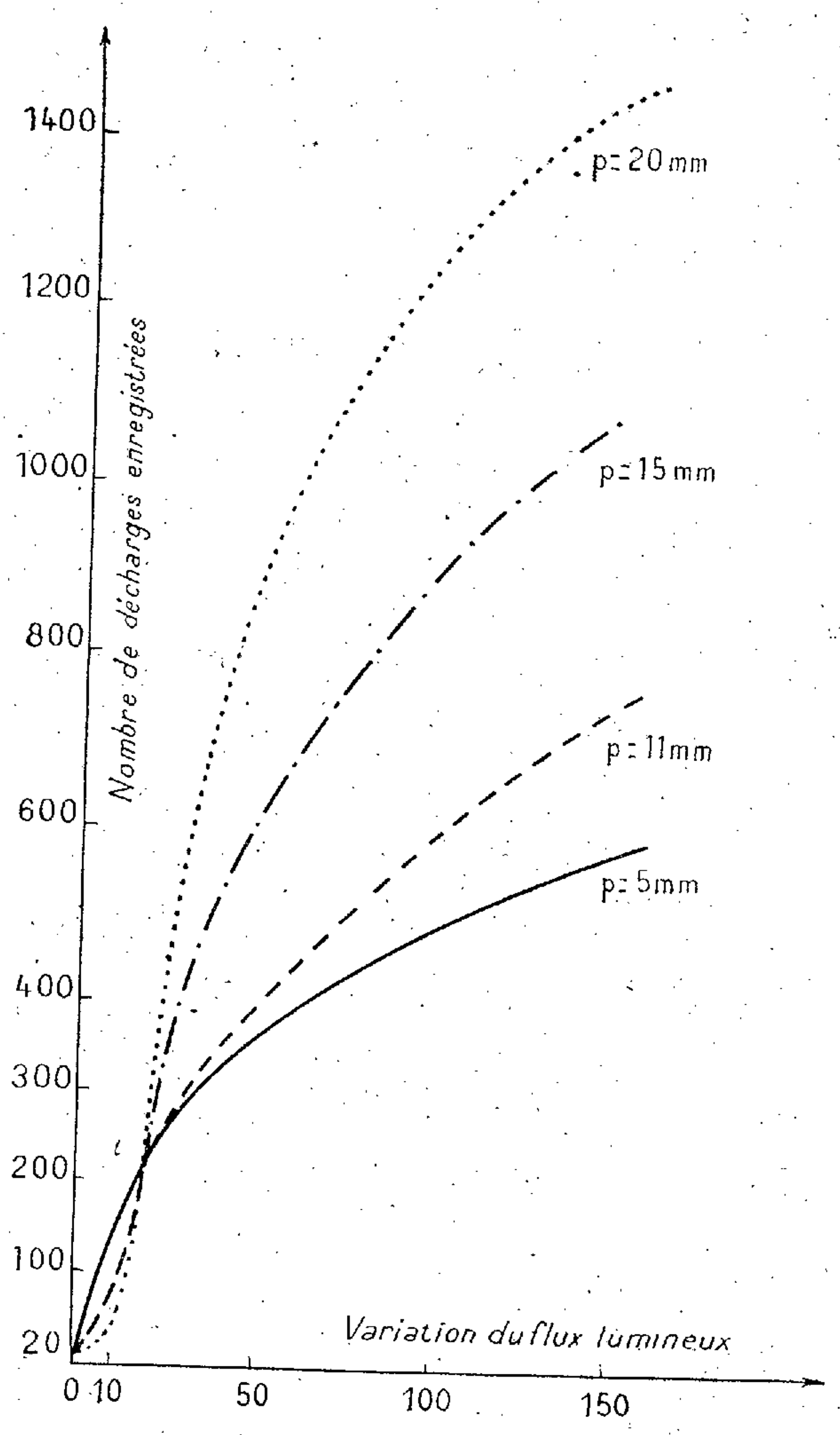
---

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 653.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

(1) S. Lormeau, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 865-867.

élevée aplatissait les courbes en provoquant probablement un recouvrement des décharges ([2]).



Déformation des courbes de réponse des cellules avec la pression.
Courbes rapportées à une même sensibilité de la cellule.

Nous avons étudié des pressions variant de 5 à 28^{mm} de mercure et nous n'avons pu dépasser cette limite, car à mesure que la pression s'élève la cellule fonctionne à des tensions de plus en plus élevées. Au point de vue pratique c'est une pression de 8^{mm} qui donne les meilleurs résultats.

Influence de la résistance d'entrée. — La résistance d'entrée influe sur l'incurvation des courbes. Celles-ci sont de plus en plus aplaties à mesure que la résis-

([2]) S. LORMEAU, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 453-455.

tance croît. On peut l'expliquer par l'augmentation de la constante de temps du circuit avec la résistance, ce qui allonge la deuxième phase de la décharge pendant laquelle la tension de la cellule diminue. Pour de grandes résistances les impulsions se recouvrent et les décharges sont de grandeurs inégales ([3]).

Pour $R = 1500\,\Omega$ on a une courbe presque à angle droit, la cellule n'a plus aucune sensibilité après multiplication par 10 du flux lumineux.

A haute pression ($p \geq 20^{mm}$) le point d'inflexion est d'autant plus marqué que R est faible. Pour $R = 3\,\Omega$ on a des points d'inflexion très élevés chez certaines cellules.

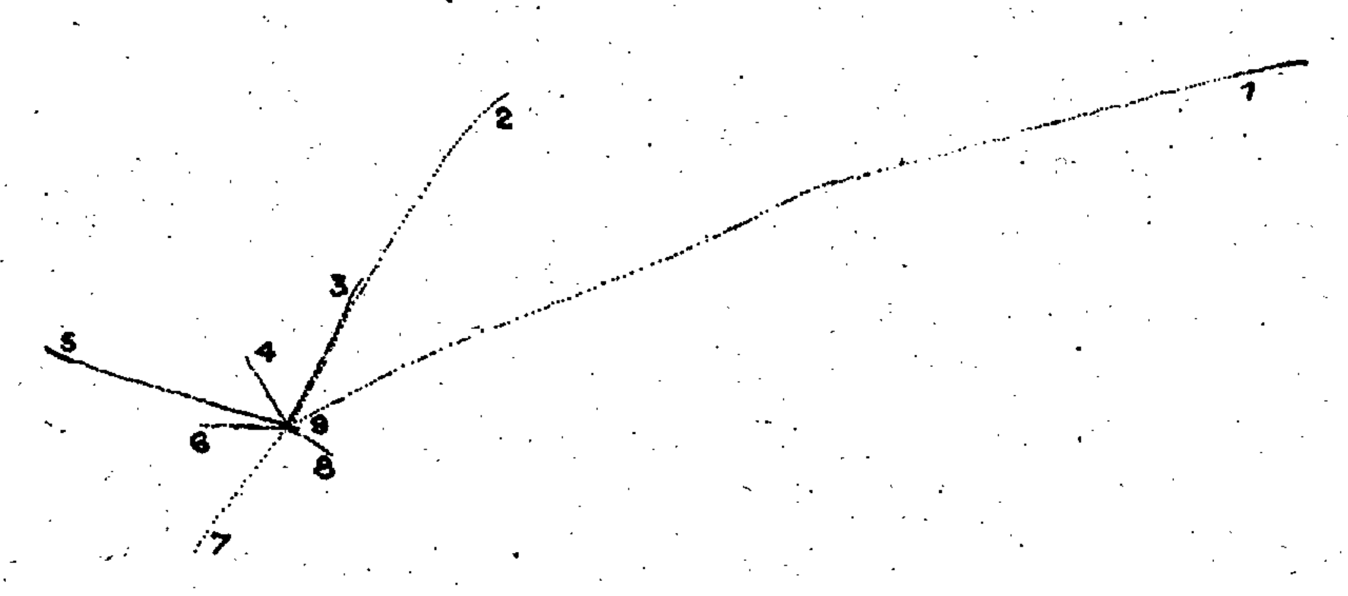
A basse pression même, une résistance très faible donne lieu à un point d'inflexion.

En résumé, les cellules les meilleures doivent avoir des pressions voisines de 8^{mm} et être mises en circuit avec des résistances comprises entre 200 et $600\,\Omega$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Explosion nucléaire provoquée par le rayonnement cosmique au niveau de la mer.* Note (*) de Mme **Henriette Faraggi** et Mlle **Georgette Albouy**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons observé, dans une plaque Ilford C2, au niveau de la mer, la désintégration en neuf fragments d'un noyau lourd sous l'action du rayonnement cosmique. Ce type de phénomène, très peu probable, a été rarement observé jusqu'à présent ([1]).

I. L'étoile de désintégration (*fig.* 1) comporte 9 branches visibles.



Les traces de deux protons (262 et 578 μ) et de deux rayons α (160 et 105 μ) se terminent dans l'émulsion et font avec la surface un angle très petit, ce qui

([3]) Trost, *Zeits. F. Physik*, 105, 1937, p. 399.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Evans et Griffiths, *Nature*, 159, 1947, p. 879 (1 cas); Yagoda, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 263 (1 cas); Morand, Cüer, Edmond et Moucharafyeh, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 713 et 1008 (12 cas étudiés systématiquement).

permet de tracer avec précision les courbes *nombre de grains-parcours restant*, et d'évaluer le parcours résiduel des traces sortantes, identifiées par leur granulation. Une trace très courte et très ionisante est due au noyau de recul.

II. Le tableau I donne les énergies cinétiques des protons et des hélions d'après leur parcours ([2]), après correction de profondeur et de contraction de la gélatine. L'ensemble des particules de $z < 2$ totalise 13 charges et 23 nucléons :

Trace.	Nature.	Fin.	L(μ).	E (MeV).	Trace.	Nature.	Fin.	L(μ).	E (MeV).
1...	Proton	Émulsion	578±5	10,2±0,2	6...	α	Verre	∼160	∼17,5
2...	Proton	Émulsion	262±3	6,2±0,1	7...	Proton	Verre	∼600	∼10,5
3...	α	Émulsion	103±1	14 ±0,5	8...	α	Air	∼ 90	∼12,5
4...	α	Verre	∼120	∼15	9...	Recul	Émulsion	4±1	10±3
5...	α	Émulsion	160±2	17,5±0,5					

le noyau touché ne peut être qu'un des noyaux lourds de l'émulsion, brome ou argent. Le noyau de recul a un numéro atomique voisin de celui du titane ou du sélénium : on peut connaître son énergie en comparant son parcours à celui des produits de fission dans les plaques ([3]). L'énergie cinétique totale des particules visibles dans l'émulsion est ainsi 112 ± 12 MeV.

La proportion protons/neutrons dans Ag et dans Br étant ∼1,3, on peut supposer l'émission de 3 à 8 neutrons, invisibles dans l'émulsion, et dont l'énergie moyenne serait égale à celle des protons (∼7 MeV). En tenant compte des énergies de liaison on trouve que l'énergie minimum cédée au noyau est de 230 ± 25 MeV s'il s'agit d'un noyau d'Ag, 250 ± 20 MeV pour Br. Ce bilan ne comprend pas les quantités d'énergie qu'on ne peut déceler dans l'émulsion sensible (protons rapides, neutrons, β, γ).

III. L'ensemble des rayons α a une direction privilégiée opposée à celle du noyau de recul, la répartition des protons, elle, est sensiblement isotrope. Si l'on suppose l'impulsion des neutrons répartis de façon isotrope, on trouve pour l'ensemble des particules un moment résultant peu incliné par rapport à la surface de l'émulsion, d'intensité 30 ± 10.10^{-15} C. G. S., et ayant la direction générale du noyau en recul et des rayons α.

IV. Le bilan des énergies et des impulsions indique que la masse de la particule incidente est comprise entre 0,9 et 1,07 : il s'agit donc d'un nucléon du rayonnement cosmique, et plus probablement d'un neutron, dont la fréquence est plus grande aux faibles altitudes. Or le calcul montre que les noyaux ont un effet de transparence pour les nucléons de grande énergie, et ne peuvent lui emprunter plus de 175 à 200 MeV ([4]). L'énergie dégagée ici est nettement supérieure, de plus la proportion d'α par rapport à celle des protons

---

([2]) Lattès Fowler et Cüer, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 883.
([3]) Tsien, Ho et Faraggi, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 835.
([4]) Perkins, *Nature*, 161, 1948, p. 486.

est grande (1,6), leur énergie est relativement faible par rapport à la hauteur de la barrière de potentiel de Br ou de Ag, et ils ont une direction générale opposée au noyau de recul : ces différents faits suggèrent le schéma suivant, en accord avec les observations de Penkins à haute altitude (5) : l'impact d'un nucléon de grande énergie provoque la rupture du noyau en deux morceaux d'excitation différente; le plus lourd revient à l'état fondamental en émettant principalement des neutrons et des protons, et le plus léger s'évapore complètement avec émission principale de rayons α (grande énergie de liaison); ces derniers franchissent aisément la barrière de potentiel avec une direction préférentielle opposée à celle du noyau lourd.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'oléate de cholestéryle à l'état mésomorphe. Action du champ magnétique.* Note (*) de M. **Maurice Lévy**, transmise par M. Jean Cabannes.

Parmi les esters du cholestérol étudiés par Friedel à l'état mésomorphe (1), deux font apparemment exception : l'oléate et le stéarate de cholestéryle. Friedel signale que ces deux corps ne possèdent qu'une phase mésomorphe, la phase smectique, sans pouvoir rotatoire de structure ni couleurs réfléchies. Nous avons entrepris l'étude de l'oléate de cholestéryle (le stéarate se prête mal aux mesures, sa phase mésomorphe étant très fugitive) en espérant, puisque les substances smectiques peuvent être orientées complètement par un champ magnétique intense (2), mesurer la rotation naturelle des molécules orientées parallèlement les unes aux autres. Nos expériences ont donné des résultats très différents : l'oléate de cholestéryle possède entre 37 et 42° une phase nettement *cholestérique*. Le pouvoir rotatoire de structure, quoique plus faible que celui des autres esters du cholestérol, est encore notable. Les couleurs réfléchies sélectivement (bleu ou violet) sont nettement visibles. Ce résultat prouve que la viscosité du milieu, qui augmente avec la masse du radical acide, tout en gênant progressivement la formation de la structure, ne l'empêche pas tout à fait.

Nous avons disposé de divers échantillons de la substance, préparés et purifiés avec beaucoup de soin au moyen de méthodes différentes. Nous donnons ci-dessous un bref aperçu des résultats que nous avons obtenus :

1° *Étude générale et dispersion rotatoire.* — Celle-ci étant notable, on peut l'étudier rapidement en plaçant la préparation entre glazebrooks et en pointant

(5) Cüer et Morand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 659.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) *Ann. de Phys.*, 18, 1922, p. 273.

(2) Foëx, *Trans. of the Farad. Soc.*, 29, 1933, p. 958.

au spectroscope la cannelure correspondant à une rotation déterminée de l'un des glazebrooks à partir de la position d'extinction. A la température de 37°, la rotation par millimètre varie de 5° dans le rouge à 100° environ dans le violet. La couleur réfléchie sélectivement se déplace du violet au bleu par refroidissement. Pour la raie verte du mercure, la rotation naturelle et l'ellipticité sont représentées en fonction de la température par les courbes I et V de la figure 1.

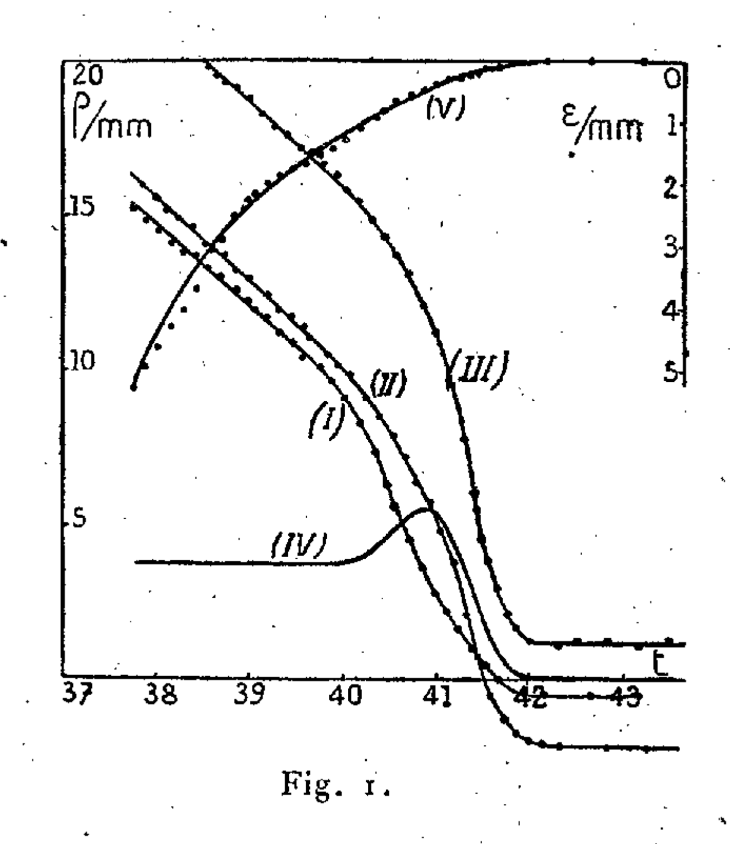


Fig. 1.

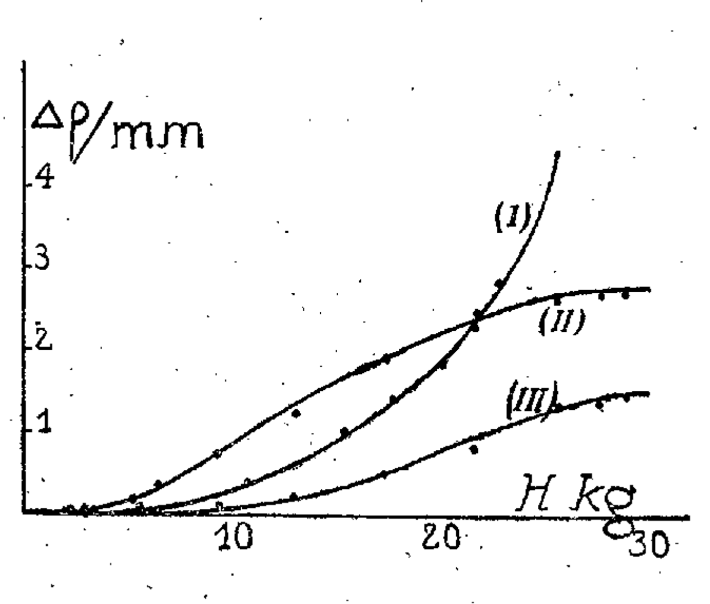


Fig. 2.

2° *Action du champ magnétique.* — Nous avons tracé, pour différentes valeurs absolues du champ, les courbes représentant la variation de la rotation naturelle en fonction de la température en l'absence de champ et en présence de deux champs en sens inverse. Ce procédé est rendu nécessaire par le fait que le champ n'agit sur la structure que s'il est établi dans la phase liquide, la substance étant ensuite refroidie très lentement. Les rotations et ellipticités étaient mesurées au moyen d'un analyseur de Chaumont. La préparation se trouvait dans un four spécial, différent suivant que le champ était longitudinal ou transversal, et n'ayant que 10^{mm} d'épaisseur. Les températures étaient mesurées au moyen d'un couple cuivre-constantan relié à un galvanomètre sensible. Le repérage précis des températures (à 1/200 de degré près) est d'une grande importance dans ces mesures : nous avons apporté à nos résultats les corrections destinées à tenir compte du fait que la température de la soudure chaude n'est pas exactement celle de la préparation. La substance était contenue dans une cuve de 3^{mm} d'épaisseur : il est nécessaire d'utiliser une épaisseur de cet ordre en raison de la valeur relativement faible de la rotation naturelle. La structure à plans s'établit spontanément par refroidissement. On ne peut pas cependant éviter une dépolarisation partielle de la lumière transmise due au fait que les axes optiques des éléments uniaxes qui constituent la préparation ont une orientation partiellement désordonnée. Cette dépolarisation reste cependant assez faible et ne gêne pas l'exécution des mesures.

a. Action du champ longitudinal. — La figure 1 représente, pour $\lambda = 0{,}546\ \mu$ et un champ maximum de 24600 Gauss, en fonction de la température, la rotation globale observée en l'absence de champ (courbe I) et en présence de champs de sens inverses (II et III). En raison de la variation de la rotation naturelle dans le champ, les courbes II et III sont situées, à partir de 41°,45, du même côté de la courbe I.

La courbe IV représente la variation correspondante $\Delta\rho$ de la rotation naturelle. Nous avons représenté sur la courbe I de la figure 2 la variation en fonction du champ de la valeur maxima de $\Delta\rho$.

b. Action du champ transversal. — Les courbes II et III de la figure 2 représentent la variation de $\Delta\rho_{max}$ en fonction du champ pour des orientations de la vibration incidente respectivement parallèle et perpendiculaire aux lignes de force.

Nous ne pouvons ici que dire un mot de l'action du champ sur l'ellipticité de la vibration transmise : celle-ci diminue (assez faiblement) sous l'action du champ longitudinal, et augmente plus nettement sous l'action du champ transversal, l'effet étant maximum quand la vibration incidente est parallèle aux lignes de force.

Les résultats précédents peuvent s'interpréter dans le cadre des idées que nous avons développées sur l'anisotropie du pouvoir rotatoire naturel ([3]).

On peut étudier théoriquement l'action du champ magnétique sur la base de la théorie proposée par Oseen ([4]) Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de la vitesse de cémentation du fer à la température du point de Curie.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Georges Nury**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'existence d'un maximum dans l'activité chimique des oxydes ferromagnétiques à la température du point de Curie ([1]) nous a conduits à reprendre l'étude de ce phénomène dans le cas de la cémentation du fer.

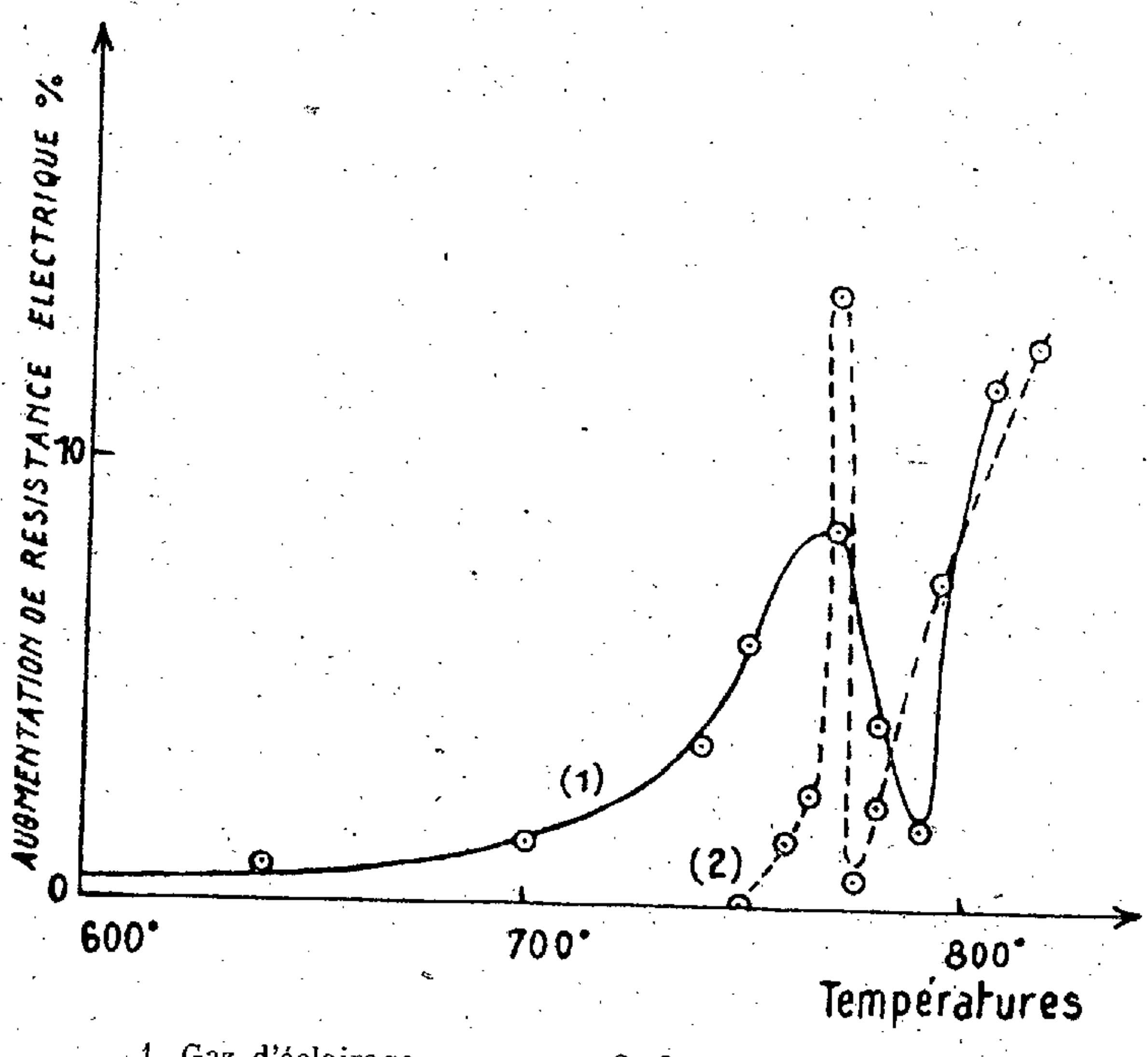
Cette cémentation était effectuée pendant une heure par le gaz d'éclairage, ou l'oxyde de carbone. Les échantillons étaient des fils de fer électrolytique de 25/100 de millimètre de diamètre, ou des cubes de fer pur A. R. M. C. O. de 15^{mm} de côté, polis spéculairement sur une face.

([3]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 652.
([4]) *Trans. of the Farad. Soc.*, **29**, 1933, p. 883.

(*) Séance du 12 juillet 1948.
([1]) H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 265; **204**, 1937, p. 1254; **205**, 1937, p. 848; R. Lille, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1891, et R. Lille, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

Les variations de vitesse de réaction ont été suivies, sur le fil, par la variation de la résistance électrique, sur les cubes, par la variation de la dureté superficielle mesurée au moyen d'une machine de Vickers sur la face polie.

Les deux courbes température-variation de la résistance électrique (*fig.* 1)



1. Gaz d'éclairage —— 2. Oxyde de carbone ----

présentent un maximum très aigu et particulièrement net dans le cas de la cémentation à l'oxyde de carbone, maximum qui est situé à la température du point de Curie du fer.

L'allure générale des courbes température-dureté varie suivant la profondeur d'empreinte, comme on pouvait le prévoir. Pour une pénétration très faible, de l'ordre de 1/100 de millimètre, la dureté est uniforme sur tous les blocs, quelle que soit la température, ce qui montre que nous avons une même couche superficielle sur tous nos échantillons. Pour des pénétrations plus élevées nous voyons apparaître un maximum de dureté, à la température du point de Curie du fer, maximum qui devient de plus en plus net, à mesure que la pénétration augmente, jusqu'à une profondeur de 7 à 8/100 de millimètre, à partir de laquelle le maximum décroît, puis finit par s'effacer, pour une profondeur d'empreinte de l'ordre de 20/100 de millimètre; la couche cémentée est alors traversée et nous obtenons la dureté du fer A. R. M. C. O. (²).

Ainsi les résultats des deux méthodes employées concordent entièrement; ils

(²) La faible durée de cémentation (1 heure) permet seulement des mesures comparatives de dureté.

indiquent avec une remarquable netteté un maximum de la vitesse de cémentation du fer à la température du point de Curie.

L'existence de ce maximum confirme les résultats obtenus antérieurement par l'un de nous en collaboration avec M. R. Lille ([1]), sur les réactions entre oxydes métalliques et certaines réactions catalysées par les oxydes ferromagnétiques.

Ce maximum d'activité chimique, qui paraît être un phénomène général, n'a pu être encore interprété d'une manière satisfaisante; tout au plus pourrait-on l'associer à la variation de la dérivée de la courbe aimantation-température, au voisinage du point de Curie des corps ferromagnétiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et étude par diffraction des rayons X d'un oxyde de plomb pseudo-cubique de composition variable.* Note (*) de M. **Théo Katz**, M[lle] **Madeleine Siramy** et M. **René Faivre**, transmise par M. Pierre Jolibois.

De nombreux auteurs ont étudié, soit d'un point de vue purement chimique ([1]), ([2]), ([3]), soit du point de vue cristallographique ([4]), un oxyde de plomb dont la composition varie, suivant sa préparation ou les traitements qu'il a subis, depuis la composition du minium Pb_3O_4 jusqu'un peu au delà de la composition Pb_2O_3. Nous nous sommes proposé d'aborder simultanément les aspects chimique et cristallographique de ce problème.

Le produit de départ de nos expériences est une phase unique orthorhombique de composition Pb_2O_3 que nous obtenons, parfaitement homogène (coloration uniforme et cliché de Debye-Scherrer à raies fines) en décomposant l'oxalate de plomb à 300° à l'air et en le maintenant à cette température pendant un temps de l'ordre du mois.

On peut abaisser progressivement la teneur en oxygène de cette phase soit par dissociation thermique jusqu'à la composition $PbO_{1,40}$, soit par réduction à l'aide d'un mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau, jusqu'à la teneur en oxygène de Pb_3O_4 (minium). On peut également enrichir cette phase en oxygène jusqu'à la composition $PbO_{1,57}$ par action d'un mélange d'oxygène et de vapeur d'eau. Il faut insister sur le fait curieux que ces mécanismes de réduction ou d'oxydation relativement rapides ne sont possibles à d'aussi basses températures, qu'en présence d'une forte proportion de vapeur d'eau.

Ces réactions de réduction et d'oxydation sont accompagnées d'une variation

---

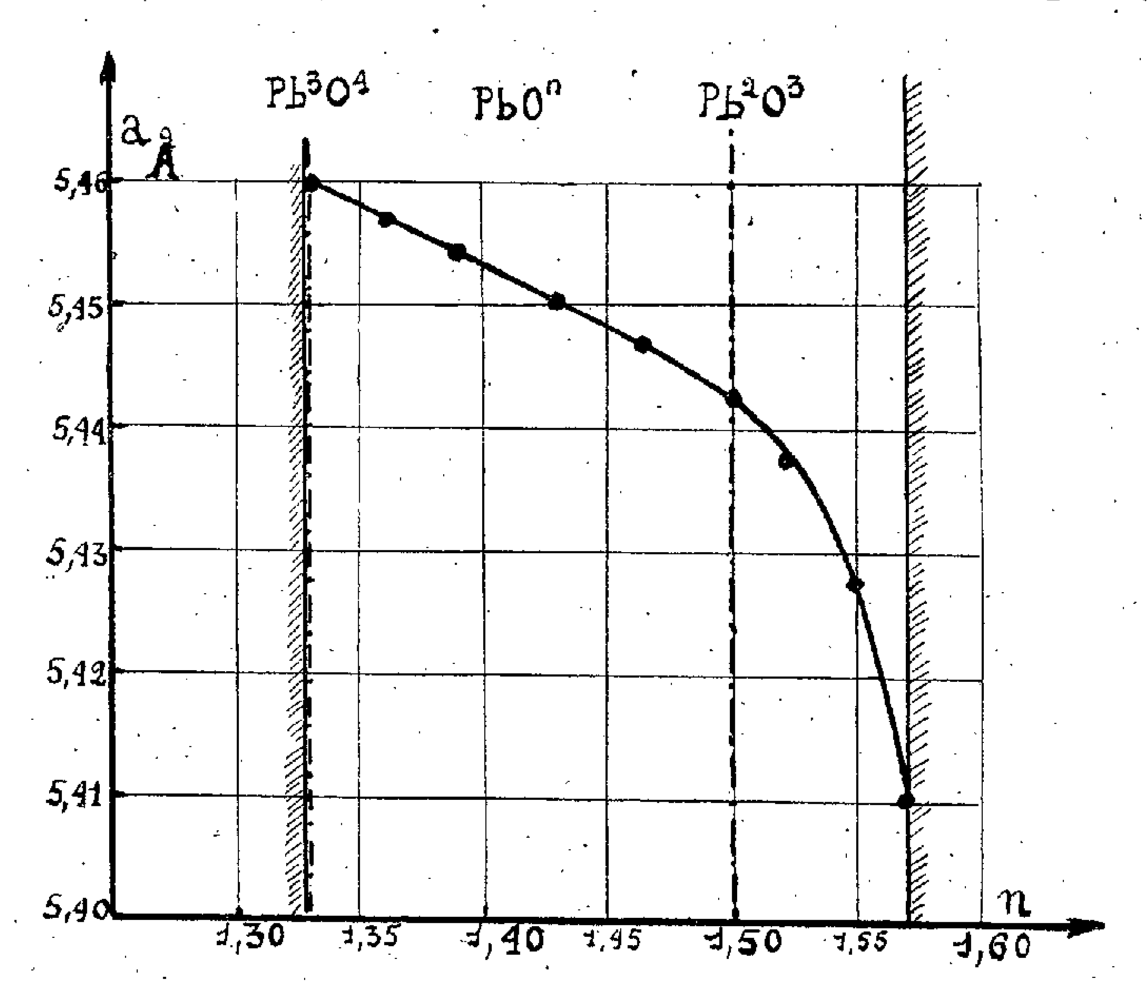
([1]) Le Blanc et Ebbrius, *Z. Phys. Chem.*, A **160**, 1932, p. 69.

([2]) Rencker, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **3**, 1936, p. 981; Rencker et Bassière, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 765.

([3]) Laffitte et Holtermann, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1813; Holtermann, *Thèse*, Nancy, 1940.

([4]) Byström, *Archiv. for Kem. Miner. och Geol.*, Band **20** A, n° **11**, 1945.

continue de coloration allant du noir ($PbO_{1,57}$) au brun roux à l'ocre ($PbO_{1,33}$), et d'une déformation progressive du cliché de Debye-Scherrer dont les raies restent fines. Nous analysons la déformation du cliché de rayons X de la façon suivante : il se produit d'une part, un déplacement d'ensemble des raies qui traduit les variations de l'arête *a* de la maille pseudo-cubique (*voir* figure);



d'autre part certaines raies très voisines se déplacent les unes par rapport aux autres. Ces déplacements relatifs peuvent être définis, comme l'un de nous a déjà eu l'occasion de le montrer ([5]), par les variations de deux paramètres indépendants ε et μ qui définissent l'écart à la symétrie cubique de la maille orthorhombique de la phase PbO_n.

Si les paramètres *a* et μ varient de façon régulière avec la composition entre les deux limites $PbO_{1,33}$ et $PbO_{1,57}$, il n'en est pas de même pour le paramètre ε qui passe par un minimum pour la composition Pb_2O_3. Nous nous proposons de revenir sur ce résultat important qui permet de considérer la phase de composition Pb_2O_3 comme une solution solide ordonnée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dihydrofurannes.*

Note (*) de M. **Henri Normant**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le dihydrofuranne et ses dérivés peuvent présenter les structures α et β selon la position de la liaison double par rapport au pont oxydique.

([5]) Faivre, *Bull. Soc. Franç. Minéralogie*, séance du 15 avril 1948.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

La déshydratation, soit des γ cétols ou des γ aldols, soit des hydroxytétrahydrofurannes qui en constituent d'ailleurs les formes cycliques, conduit, sans ambiguïté, aux composés α. De même, celle des γ glycols éthyléniques *cis*, notamment quand l'une au moins des fonctions alcools est tertiaire, fournit l'époxyde β.

Mais, l'obtention exclusive de l'isomère β à partir des bromo-tétrahydrofurannes (I), comme semblent l'indiquer divers travaux [R = R' = H (1); R = H et R' (2); R et R' (3)], paraissait toutefois moins certaine

$$\underset{\text{(I)}}{\genfrac{}{}{0pt}{}{R}{R'}\!\!>\!C.CH_2CHBr.CH_2 \;(\text{C} \text{—O—} \text{CH}_2)} \qquad \underset{\text{(II)}}{R.CH.CHCl.CH_2.CH_2 \;(\text{CH} \text{—O—} \text{CH}_2)}$$

Parmi les dérivés halogénés du tétrahydrofuranne, les chlorés (II) sont maintenant faciles à préparer (4). Par enlèvement de ClH à NH_2Na il a été possible d'isoler les deux isomères prévisibles

$$R.CH.CH{=}CH.CH_2 \;(\text{CH—O—CH}_2) \qquad R.C{=}CH.CH_2.CH_2 \;(\text{C—O—CH}_2)$$

Les résultats ont été ensuite généralisés à quelques bromures hétéro-cycliques; on a utilisé HOK, comme dans les travaux antérieurs et obtenu

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{R}{R'}\!\!>\!C.CH{=}CH.CH_2 \;(\text{C—O—CH}_2) \qquad \genfrac{}{}{0pt}{}{R}{R'}\!\!>\!C.CH_2.CH{=}CH \;(\text{C—O—CH})$$

L'enlèvement d'hydracide aux tétrahydrofurannes halogénés a conduit, dans tous les cas examinés, non à des composés définis de structure β, mais à des mélanges où, au contraire, l'isomère α prédomine. La séparation des isomères repose sur la propriété des composés α d'être hydrolysés, à froid, par les acides dilués, en cétols ou aldols γ bouillant à une centaine de degrés plus haut que les isomères β qui sont inaltérés. Inversement, ces cétols ou aldols par distillation sous pression ordinaire, se déshydratent et régénèrent les isomères α.

Avec $R{=}C_2H_5$ [form. (II)] le rendement est de 50 %. Le mélange renferme 66 % environ d'*éthyl-2 dihydro-4.5 furanne* ($C_6H_{10}O$), É 109°, d_{13} 0,910 et 33 % d'*éthyl-2 dihydro-2.5 furanne*, É 105°, d_{13} 0,890. Avec $R = nC_4H_9$ Rdt. 74 %, dont 58 % environ en *n-butyl-2 dihydro-4.5 furanne* ($C_8H_{14}O$), $É_{13}$ 50°, d_{15} 0,884 et 42 % en *n-butyl-2 dihydro-2.5 furanne*, $É_{13}$ 46°, d_{15} 0,869.

---

(1) Pariselle, *Ann. de Chimie*, 24, 1911, p. 372.

(2) Ou Kiun Houo, *Ann. de Chimie*, 13, 1940, p. 230.

(3) Colonge et Garnier, *Bull. Soc. Chim.*, mars-avril 1948, p. 434.

(4) H. Normant, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 185.

Si $R=R'=CH_3$ [form. (I)], il se forme 60 % de *diméthyl*-2.2 *dihydro*-2.3 *furanne* ($C_6H_{10}O$), É 77-78°, d_{16} 0,854 et 40 % de *diméthyl*-2.2 *dihydro*-2.5 *furanne*, É 85-86°, d_{16} 0,855.

Enfin dans le cas du β-bromo tétrahydrofuranne, on obtient le *dihydro*-2.5 *furanne*, É 65° et le *dihydro*-2.3 *furanne*, É 56-57°.

Les γ cétols se décomposent, même par distillation sous le vide de la trompe. On a obtenu :

Hexanol-1 *one*-4 [$R=C_2H_5$ form. (V)] $É_{13}$ 107° (déc.); phényluréthane F 85-86°; Wolgemuth indique F 84° ([5]).

(V) $\underbrace{R.C{=}CH.CH_2.CH_2}_{O}$ $\underset{-H_2O}{\overset{+H_2O}{\rightleftarrows}}$ $R.CO.CH_2.CH_2.CH_2OH$

$\rightleftarrows$ $R.\overset{OH}{\overset{|}{C}}.CH_2.CH_2.CH_2$ (cycle —O— entre C et CH_2)

(VI) $\frac{R}{R'}{>}C.CH_2.CH{=}CH$ (cycle —O—) $\underset{-H_2O}{\overset{+H_2O}{\rightleftarrows}}$ $\frac{R}{R'}{>}\underset{OH}{C}.CH_2.CH_2.CHO$

$\rightleftarrows$ $\frac{R}{R'}{>}C.CH_2.CH_2.CH.OH$ (cycle —O—)

Octanol-1 *one*-4 ($C_8H_{16}O_2$), $É_{15}$ 130° (déc.); phényluréthane F 86-87°; 2.4-dinitrophénylhydrazone, F 80°; ester acétique, $É_{13}$ 130°, d_{14} 0,972. Les γ *aldols* ont été caractérisés, avant distillation et après, par hydratation des dihydrofurannes α correspondants, par leurs 2.4-dinitrophénylhydrazones. Celle du *méthyl*-2 *pentanol*-2 *al*-1 ($R=R'=CH_3$, form. VI), fond à 122°, et celle de l'*hydroxybutanal* à 118° ([6]).

Les dihydrofurannes α et β présentent des différences très nettes de propriétés. Les composés α se comportent comme des *oxydes vinyliques*. Ils fixent l'eau, en présence d'acide, avec retour aux cétols ou aldols-γ. A chaud, les acides dilués les résinifient, tandis que les β supportent un long chauffage sans altération sensible. Ils réagissent sur le méthanol additionné d'une trace de ClH sec en donnant des dérivés méthoxylés :

(VII) $\frac{R}{CH_3O}{>}C.CH_2.CH_2.CH_2$ (cycle —O—)

(VIII) $\frac{CH_3}{CH_3}{>}C.CH_2.CH_2.CH.OCH_3$ (cycle —O—)

([5]) WOHLGEMUTH, *Ann. de Chimie*, **2**, 1914, p. 424.

([6]) PAUL et TCHELITCHEFF, *Bull. Soc. Chim.*, janvier-février 1948, p. 201.

Ont été préparés :

L'éthyl-2 méthoxy-2 tétrahydrofuranne ($R = C_2H_5$, form. VII), $C_7H_{14}O_2$ É 138°, É$_{13}$ 34°, d_{15} 0,940;

n.butyl-2 méthoxy-2 tétrahydrofuranne ($R = C_4H_9$, form. VII), $C_9H_{18}O_2$ É$_{14}$ 69-70°, d_{14} 0,923;

diméthyl-2.2 méthoxy-5 tétrahydrofuranne (form. VIII) $C_7H_{14}O_2$ É 123-124°, d_{15} 0,907.

Les isomères α ou β sont hydrogénés en tétrahydrofurannes, sans réactions secondaires, en présence de Ni Raney dans les conditions ordinaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la scission des benzhydrylamines N-substituées.* Note (*) de M. **Roger Cantarel**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Si l'on considère la scission des benzhydrylamines N substituées en présence d'eau comme le résultat d'une hydrolyse [1], il est difficile d'expliquer comment la N-phénylbenzhydrylamine $(C_6H_5)_2{>}CH{-}NH{-}C_6H_5$ peut donner naissance au *p*-aminotriphénylméthane (I) et au N-dibenzhydryl *p*-aminotriphénylméthane (II) :

$$(C_6H_5)_2{>}CH{-}C_6H_4{-}NH_2 \quad \text{(I)} \qquad (C_6H_5)_2{>}CH{-}C_6H_4{-}N\begin{matrix}\diagup CH{<}(C_6H_5)_2 \\ \diagdown CH{<}(C_6H_5)_2\end{matrix} \quad \text{(II)}$$

En admettant en effet la libération intermédiaire de benzhydrol à côté de l'aniline, il faudrait, pour aboutir aux composés (I) et (II), envisager des réactions de déshydratation, pour lesquelles l'intervention d'un déshydratant énergique est nécessaire [2], [3], [4] et qui ne sont guère possibles en présence d'un excès d'eau. Il est donc vraisemblable que ces composés prennent naissance, en milieu aqueux, sans qu'intervienne la formation préalable de benzhydrol. La transposition éventuelle de la N-phényl benzhydrylamine en *p*-aminotriphénylméthane (I) n'a, d'autre part, été réalisée jusqu'ici qu'en milieu anhydre et par chauffage avec du chlorhydrate d'aniline [5].

Le problème de la génèse de ces composés se trouve donc posé. Dans les

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) R. Cantarel, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 931.

(2) O. Fischer et Roser, *Ann. der Chemie*, 206, 1880, p. 155.

(3) R. Cantarel, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 638.

(4) Toutefois, j'ai pu constater qu'en chauffant du benzhydrol et du chlorhydrate d'aniline *anhydre* vers 150° pendant plusieurs heures, en vase ouvert, il était possible d'obtenir à la fois des traces des corps (I) et (II).

(5) Busch et Rinck, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 1767.

réactions de condensation qui leur donnent naissance à partir du benzhydrol, on admet généralement une élimination d'eau entre l'oxhydryle alcoolique et un atome d'hydrogène provenant de la base réagissante. Ce processus n'est peut-être pas exact. Lorsqu'on essaie, en effet, de fixer l'ammoniac sur le benzhydrol en présence d'un catalyseur de déshydratation, on obtient surtout du tétraphényléthylène ([6]); l'élimination d'eau a donc lieu, dans ce cas, aux dépens du benzhydrol seul. Il est fort possible que, dans les condensations envisagées, le benzhydrol, en présence d'un déshydratant, perde d'abord une molécule d'eau, par un mécanisme analogue, pour donner un radical *diphénylméthène* $(C_6H_5)_2{>}C{<}$. Ce radical peut ensuite se combiner soit à l'aniline (en para), soit au *p*-amino triphénylméthane (sur l'azote), en donnant naissance aux composés (I) et (II) :

$$\text{(I)}\qquad (C_6H_5)_2{>}C{<} + H{-}C_6H_4{-}NH_2 \rightarrow (C_6H_5)_2{>}CH{-}C_6H_4{-}NH_2,$$

$$\text{(II)}\qquad 2(C_6H_5)_2{>}C{<} + H_2N{-}C_6H_4{-}CH{<}(C_6H_5)_2 \rightarrow [(C_6H_5)_2{>}CH]_2{>}N{-}C_6H_4{-}CH{<}(C_6H_5)_2.$$

Cette conception permettrait d'interpréter d'une façon convenable la formation de tous les composés qu'engendrent les benzhydrylamines N-substituées quand on les chauffe en présence d'eau. Il semble en effet que la scission de ces bases aboutisse, dans un premier stade, à la libération d'une amine primaire et du radical *diphénylméthène*. Ce dernier, qui prend ainsi naissance en dehors de

$$(C_6H_5)_2{>}CH{-}NH{-}R \rightarrow R{-}NH_2 + (C_6H_5)_2{>}C{<}$$

toute action déshydratante, peut ensuite réagir, soit sur l'eau, soit sur l'amine libérée. Si R est un noyau *phényle*, on obtient le *p*-amino triphénylméthane (I) et le N-dibenzhydryl *p*-amino triphénylméthane (II), comme ci-dessus. Si R est un *alcoyle*, il n'y a pas d'hydrogène labile susceptible d'entrer en réaction, l'hydrogène du groupement aminé étant lui-même peu mobile : le radical *diphénylméthène* ne peut donc fixer que les éléments de l'eau, et la seule réaction secondaire observée est effectivement la formation de benzhydrol.

Si ce mécanisme est exact, puisque l'eau n'intervient pas directement pour la scission initiale, celle-ci doit aussi se produire en milieu anhydre, ainsi que les réactions secondaires qui l'accompagnent éventuellement, autres que la formation de benzydrol. L'expérience, tentée à cette fin, a pleinement confirmé ces prévisions. Le chlorhydrate de N-phényl benzhydrylamine anhydre, chauffé à 150° comme précédemment, donne naissance à du *p*-amino triphénylméthane (I), à du N-dibenzhydryl *p*-amino triphénylméthane (II) et à du *tétraphényléthylène*. L'obtention de ce dernier composé constitue une nouvelle et importante justification du mécanisme proposé.

([6]) P. SABATIER, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 1204.

D'autre part, la formation du *p*-amino triphénylméthane (I) dans ces conditions apporte quelque lumière sur le *rôle du chlorhydrate d'aniline* dans les *transpositions* des bases secondaires N-arylées ([5]). L'addition d'un excès de ce sel, au sein de l'équilibre qui s'établit nécessairement entre les divers composés pouvant résulter de la fixation du résidu méthénique, a seulement pour effet de favoriser la formation du dérivé *para*, par simple action de masse.

La scission des benzhydrylamines N-substituées en présence d'eau n'est donc pas le fait d'une véritable hydrolyse, les éléments de l'eau n'intervenant que pour des réactions secondaires. Cette décomposition est cependant facilitée par la présence d'eau, milieu ionisant. C'est là un résultat sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés méso α-furylés de l'anthracène. Actions comparées de l'acide chlorhydrique sur le mono et le diquinol mésophénylé α-furylé.* Note de MM. **André Étienne** et **Raymond Brisson**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Il a été montré précédemment ([1]) que le diquinol mésophénylé α-furylé, le phényl-9 furyl-10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène (I) et ses éthers-oxydes méthylique et éthylique (II) (III) (IV) se transformaient par l'acide chlorhydrique aqueux, en présence de divers alcools, en éther-sels de l'acide (phéno-9' anthranyl)-4 butène-3 ol-4-oïque (V), provenant de l'ouverture du cycle furannique.

Nous avons pensé qu'il était peut-être possible d'obtenir directement cet acide, en opérant sans alcool, à partir du diquinol (I) dissous dans l'éther ordinaire (privé d'alcool) ou dans le benzène. A froid, le produit formé n'a pas été le corps attendu, mais le (phéno-9' anthranyl)-2 hydroxy-5 furanne, $C_{24}H_{16}O_2$ (VI *a*), cristaux jaunes, F_{inst} 248°, en relation de tautométrie avec le (phéno-9' anthranyl)-2 céto-5 dihydro-4.5 furanne (VI *b*), correspondant à la forme lactonique de l'hydroxyfuranne. Il n'y a donc pas eu, comme cela fut observé en présence d'alcool, scission du cycle furannique. Il est à remarquer, cependant, que si l'on opère avec les diéthers-oxydes méthylique et éthylique (III) et (IV) du quinol on obtient, dans les mêmes conditions, presque exclusivement les éthers-sels méthylique et éthylique de l'acide (V); les alcoxyles des diéthers-oxydes jouent donc le même rôle que ceux qui sont apportés par l'alcool au sein duquel se faisaient les réactions décrites antérieurement. Comme on pouvait s'y attendre, avec le monoéther-oxyde méthylique (II), on obtient un mélange de l'ester méthylique de l'acide (V) et du composé furannique (VI *a.b*).

([1]) A. Étienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 208.

Les structures (VI *a.b*), proposées pour ce dernier corps, se justifient par les résultats suivants :

Le spectre d'absorption est d'allure anthracénique.

L'analyse permet de déterminer, outre la composition centésimale, la présence de 0,8H mobile par molécule (méthode de Zérewitinoff), résultat qui peut s'interpréter par la cétonisation partielle de l'hydroxyfuranne. Une preuve plus décisive de l'existence de cette forme lactone, en équilibre, est fournie par la cyclisation, par élimination d'eau, au moyen de SO_4KH, de l'acide β.γ-énolique (V) en le dérivé (VI *a.b*) lui-même. Inversement, on peut passer de ce dernier à l'acide (V) par ouverture de l'hétérocycle. Ainsi, la potasse éthylique et les alcools méthylique ou éthylique en présence d'HCl à l'*ébullition* du solvant transforment le dérivé hydroxyfurannique en le sel de potassium et en les esters de l'acide (V). Ces esters sont précisément les mêmes que ceux qui ont été obtenus antérieurement à partir du diquinol (I) avec les alcools méthylique et éthylique en présence d'HCl *à froid*. Dans cette dernière réaction, il ne nous paraît pas possible cependant d'envisager la formation transitoire du dérivé furannique (VI *a.b*) puis la scission ultérieure de l'hétérocycle, car on a constaté que l'attaque du noyau exigeait un chauffage au reflux de l'acool, et n'avait lieu *à froid* que très lentement.

C_6H_5 OR_2 ... OR_1 ... O

(I) $R_1 = R_2 = H$
(II) $R_1 = H$; $R_2 = CH_3$
(III) $R_1 = R_2 = CH_3$
(IV) $R_1 = R_2 = C_2H_5$

C_6H_5— ... — $-C\langle^{CH-CH_2}_{OH\quad HO}\rangle C{=}O$ (V)

—⟨O⟩—OH ⇌ H_2 ⟨O⟩=O
(VI *a*) (VI *b*)

C_6H_5 H ... OR ... O

(VII) $R = H$
(VIII) $R = CH_3$
(IX) $R = C_2H_5$

C_6H_5 ... O
(X)

Nous avons voulu voir si ces faits anormaux se produisaient aussi avec des corps voisins. On a étudié, pour cela, l'action de l'acide chlorhydrique, en présence ou non d'alcool, sur le monoquinol phénylé α-furylé : le

phényl-9 furyl-10 hydroxy-10 dihydro-9.10 anthracène $C_{24}H_{18}O_2$ (VII), cristaux incolores, $F_{inst.}$ 169°. Celui-ci se prépare en condensant le bromure d'α-furylmagnésium sur la phényl-9 anthrone-10. Traité, en solution dans les alcools méthylique, éthylique, benzylique ou dans l'éther anhydre, par une solution aqueuse concentrée d'acide chlorhydrique, il donne un seul et même produit qui n'est autre que le mésophényl α-furylanthracène, $C_{24}H_{16}O$ (X), cristaux jaunes, F_{inst} 170°. Il y a bien eu effectivement déshydratation par élimination d'H^+ et d'OH^- des carbones mésoanthracéniques, car le produit s'obtient également avec un déshydratant, tel que SO_4KH. L'allure anthracénique du spectre U. V., l'absence d'hydrogène mobile et le manque de réactivité, à froid, vis-à-vis des alcalis, des alcools et des magnésiens s'accordent également avec la structure proposée. Quant aux éthers-oxydes méthylique, $C_{25}H_{20}O_2$ (VIII), F_{inst} 204°, et éthylique, $C_{26}H_{22}O_2$(IX), F_{inst} 168°, préparés respectivement par l'action des iodures de méthyle et d'éthyle en présence de potasse sur le monoquinol (VII), ils donnent également naissance au phényl-9 furyl-10 anthracène (X) par HCl aqueux.

Contrairement à ce qui se passe avec le diquinol (I), l'HCl à froid ne provoque pas l'attaque du noyau furannique. On retrouve par là une méthode générale de préparation des anthracènes mésosubstitués, à partir des monoquinols correspondants.

PÉDOLOGIE — *Sur la notion d'*optimum climatique *d'une formation pédologique*. Note (*) de M. **Gilbert Gaucher**, transmise par M. René Maire.

A différents niveaux de la série quaternaire, certaines formations, sols rubéfiés, croûtes calcaires, sols salés, connurent une extension caractéristique qui implique des conditions de milieu spécialement favorables.

Dans le Bas Chélif et les Basses Plaines Oranaises ces dépôts ont l'avantage de se présenter associés et juxtaposés (¹); leur étude, qui relève à la fois de la géologie et de la pédologie, a parfois révélé des analogies remarquables quant aux modalités de lithogénèse et de pédogénèse.

I. L'étude des sols salés est particulièrement instructive. J'ai observé que pendant les années très pluvieuses les sources situées au contact des terrains salifères qui affleurent sur le pourtour des dépressions marquent un regain d'activité; leurs eaux salées s'écoulent superficiellement ou souterrainement vers les vallées et les plaines où le ruissellement avait déjà entraîné des alluvions également salifères (²). L'insuffisance du drainage naturel et la discontinuité

(*) Séance du 14 juin 1948.

(¹) G. Gaucher, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 133-135 et p. 250-252.

(²) G. Gaucher, *Observations hydrogéologiques sur la Plaine de Perregaux*, 1938.

de la circulation des eaux due au régime torrentiel et à l'importance de la saison sèche provoquent l'accumulation et la persistance des dépôts salés dans les régions basses. Ces phénomènes ne se produisent pas au cours des années à pluviométrie faible ou normale.

Les années à fortes pluviométries donnent une réplique atténuée des conditions climatiques qui présidèrent pendant une période plus humide, vraisemblablement du Flandrien, à la formation des horizons salés à faciès de fond de sebka du Bas Chélif et des Basses Plaines Oranaises. On est ainsi conduit à la notion d'un *Optimum climatique* résultant d'une *sorte d'équilibre qui serait établi entre la circulation et la stagnation des eaux et qui aurait réalisé la dissolution de diverses substances en certaines zones et leur dépôt en d'autres.*

II. Les croûtes calcaires admettent sans doute dans le détail des processus de dépôts variés suivant leur nature pétrographique et leur mode de gisement, mais leur formation répond dans son ensemble à une activité hydrologique liée à un climat spécial sans lequel il serait impossible de rendre compte de leur extension généralisée, climat engendrant un équilibre du même ordre et réalisant en particulier une *mobilisation et une mobilité extrêmes du calcaire.*

On pourrait invoquer, pour expliquer l'accumulation et l'extension de ces formations, la prédominance des bassins fermés dans les régions où elles sont fréquentes et dans toute l'Afrique du Nord en général. Mais si la topographie fut un élément favorable, en s'opposant au drainage naturel, son action reste cependant secondaire. Il est incontestable que les conditions climatiques prédominèrent; ce sont elles qui réglèrent la nature des éléments entraînés et reprécipités : le calcaire dans un cas, le sel dans l'autre. Par ailleurs l'extension des croûtes et des sols salés ne furent que des *épisodes* à l'intérieur des cycles sédimentaires quaternaires.

III. De même que plusieurs étages ou systèmes de la série stratigraphique (Dévonien, Permien, Trias, Oligocène, etc.), le Quaternaire a connu une phase de *climat rubéfiant.* Cependant pour les sols rubéfiés, la définition de l'optimum climatique ne repose plus sur des *migrations de substances* comme dans les deux cas cités ci-dessus où la stratification des formations était, avec leur nature chimique, un caractère important; l'optimum climatique se définit alors par les conséquences d'ordre minéralogique qu'il entraîna et qui sont d'ailleurs mal connues dans le détail : processus d'altération portant surtout sur certains minéraux, métabolisme particulier des évolutions minéralogiques donnant naissance à des espèces minérales remarquablement stables et dont l'identification n'est pas encore acquise. L'optimum climatique se caractérise *en somme par la prédominance d'un processus d'altération,* en l'espèce, la rubéfaction.

IV. La notion d'*optimum climatique* d'une formation avait déjà été pressentie ([3]), mais il ne semble pas qu'elle ait été définie par un *équilibre dans une*

([3]) H. Erhart, *Traité de Pédologie,* 1, p. 157.

migration de substances minérales soit par la *prédominance d'un processus d'altération*, ni que son importance ait été soulignée. Pourtant, dans certains cas, notamment dans l'étude de la pédogénèse des sols fossiles, elle devient d'un intérêt comparable à la notion si importante de *climax*. La méthode du pédologue consiste alors à étudier les conditions dans lesquelles se reproduisent actuellement et localement les processus générateurs des formations qui prirent une extension généralisée à certains niveaux de la série quaternaire.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'élaboration de substances de croissance par 3 types de cultures de tissus de Scorsonère : cultures normales, cultures de Crown-Gall et cultures accoutumées à l'hétéro-auxine*. Note (*) de M[lle] **Zoja Kulescha** et M. **Roger Gautheret**, transmise par M. Joseph Magrou.

L'un de nous a montré qu'il est possible d'obtenir 3 types de cultures de tissus de Scorsonère : des cultures normales, en partant de fragments de racines, des cultures de Crown-Gall en prélevant des tissus de tumeurs provoquées par le *Phytomonas tumefaciens* et, enfin, des cultures accoutumées aux hétéro-auxines qui résultent d'une modification permanente des colonies normales sous l'action prolongée d'une substance de ce type.

On sait également que les cultures de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés sont capables de proliférer indéfiniment sans hétéro-auxine, tandis que les tissus normaux ne peuvent se développer d'une manière durable en l'absence d'une substance de ce type. En outre, les tissus de Crown-Gall et les tissus accoutumés sont insensibles à l'action excito-formatrice de l'acide indole-acétique, tandis que les tissus normaux prolifèrent intensément sous l'action de cette substance. Enfin les tissus de Crown Gall et les tissus accoutumés possèdent des propriétés tumorales, car si on les greffe sur des tronçons de racines normales on obtient la formation de tumeurs.

Ces résultats peuvent être interprétés soit en admettant que les tissus accoutumés et les tissus de Crown-Gall possèdent vraiment la faculté de proliférer sans hétéro-auxine, soit en supposant qu'ils élaborent eux-mêmes les facteurs de croissance qui leur sont nécessaires, tandis que les tissus normaux n'en synthétisent qu'une quantité insuffisante.

Dans le but de rechercher laquelle de ces deux hypothèses est exacte, nous avons entrepris de doser les substances de croissance élaborées par les trois types de tissus.

Les tissus de Crown-Gall et les tissus accoutumés utilisés pour ces dosages provenaient de souches ayant subi de nombreux repiquages dans un milieu dépourvu d'hétéro-auxine. Quant aux cultures normales, elles consistaient en

(*) Séance du 19 juillet 1948.

fragments de racines également maintenus sur un milieu dépourvu d'hétéro-auxine. Ces fragments produisaient au bout de quelque temps des cals insignifiants et des bourgeons; ces derniers étaient éliminés périodiquement afin d'éviter que l'auxine qu'ils élaboraient ne s'accumulât dans les explantats et ne troublât les résultats.

Les substances de croissance contenues dans les tissus furent extraites par de l'éther en suivant la technique classique de van Overbeek ([4]), et leur dosage fut effectué au moyen du *test avoine*. Nous avons effectué de très nombreux dosages sur des cultures d'âges divers afin d'éliminer toute possibilité d'erreurs individuelles; ces dosages nous ont fourni les résultats suivants :

1° Les tissus d'une racine entière de Scorsonère renferment au moment de leur repos végétatif, c'est-à-dire en janvier, une dose de substances de croissance très faible qui, évaluée en acide indole-acétique, représente une concentration de l'ordre de $0,5.10^{-8}$ par rapport au poids frais et de $3,8.10^{-8}$ par rapport au poids sec. Si l'on isole un fragment de racine et qu'on le place dans un milieu dépourvu d'hétéro-auxine, on constate que les substances de croissance qu'il renferme s'épuisent; au bout de 7 jours, il n'en contient plus qu'une quantité insignifiante qui, évaluée en acide indole-acétique, correspond à une concentration de l'ordre de $0,1.10^{-8}$ par rapport au poids frais et $0,7.10^{-8}$ par rapport au poids sec. Au bout d'une dizaine de jours de culture les explantats produisent des bourgeons; ceux-ci élaborent de l'auxine et la concentration en substances de croissance contenues dans les tissus remonte jusqu'aux environs de $1,5.10^{-8}$ (évaluée en acide indole-acétique par rapport au poids frais). Mais si on élimine alors ces bourgeons, la teneur en substances de croissance diminue de nouveau jusqu'à $0,2$ à $0,3.10^{-8}$ par rapport au poids frais.

2° Dans les cultures de tissus de Crown-Gall, nous avons trouvé une quantité de substances de croissance très supérieure à celle contenue dans les tissus normaux et qui, exprimée en acide indole-acétique, représente une concentration de l'ordre de $5,3$ à $5,5.10^{-8}$ par rapport au poids frais, et de $2,7$ à $5,5.10^{-7}$ par rapport au poids sec.

3° Enfin, les colonies ayant manifesté le phénomène d'accoutumance à l'hétéro-auxine contiennent une dose de substances de croissance légèrement plus faible, correspondant à une concentration de $1,5$ à $2,3.18^{-8}$ d'acide indole-acétique par rapport au poids frais ou $1,1$ à $2,3.10^{-7}$ par rapport au poids sec.

L'examen de ces résultats nous a permis de constater que les doses d'auxine ainsi décelées dans les tissus de Crown-Gall et accoutumés correspondent précisément aux concentrations d'acide indole-acétique susceptibles de provoquer une prolifération active des tissus; nous croyons donc pouvoir affirmer que les tissus de Crown-Gall et les tissus ayant subi le phénomène d'accoutumance effectuent eux-mêmes la synthèse des facteurs de croissance dont ils ont besoin.

Ceci explique qu'ils puissent être cultivés sans hétéro-auxine et permet de comprendre également la signification de leur caractère tumoral. C'est en effet simplement leur faculté d'élaborer une dose notable de substances de croissance qui leur permet de proliférer, si on les greffe sur un fragment de racine normal, malgré le faible apport d'auxine qu'ils reçoivent de la part de ce dernier.

Toutefois, nos interprétations ne sont pas irréprochables. En effet, nous avons formulé des conclusions relatives à des phénomènes de prolifération en nous basant sur des résultats obtenus avec le *test avoine* qui est un test de substances de croissance et non de substances de division. D'autre part, nous n'avons obtenu aucune indication sur la nature du facteur de multiplication élaboré par les tissus et nous avons postulé implicitement, mais sans aucune preuve, qu'il devait être analogue aux auxines et aux hétéro-auxines.

Nos expériences ne sont donc pas définitives; elles orientent le problème de la croissance tumorale vers une voie nouvelle dans laquelle nous ne pourrons progresser désormais qu'avec le concours de la Biochimie et l'utilisation de nouveaux tests biologiques permettant un dosage spécifique des substances de division.

PHYSIOLOGIE. — *Action comparée des adrénolytiques et du curare sur la rigidité de décérébration.* Note de M. **Bruno Minz** et Mlle **Catherine Veil**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une série de travaux antérieurs (¹) nous avons tenté d'élucider le phénomène de la rigidité de décérébration. Nous avons, en particulier, observé un effet inattendu des adrénolytiques qui, d'une façon absolument analogue au curare, font disparaître cette manifestation musculaire. Nous avions été amenés à faire agir ces corps parce que certains aspects de la rigidité de décérébration nous avaient fait penser à l'intervention possible d'une substance du type de l'adrénaline. Les résultats obtenus avec les adrénolytiques posent le problème du rôle éventuel du système adrénergique.

Nous avons ainsi montré dans une première série d'expériences que l'élimination des surrénales chez le Lapin ne modifie en rien une rigidité de décérébration déjà existante ou n'entrave pas son apparition après section de l'axe cérébrospinal au niveau des tubercules quadrijumeaux, pas plus d'ailleurs que ne le fait la section de la chaîne sympathique abdominale des deux côtés. Au contraire, la section d'un côté seulement de la chaîne nous a permis de

(¹) B. Minz et C. Veil, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 466; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 214; *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 573; *XVIIe Cong. internat. Physiol.*, Oxford, 1947.

constater que la rigidité apparaît plus précocement et avec une hypertonie encore plus grande dans le membre postérieur du côté où le sympathique est coupé.

Si l'on injecte dans la veine marginale de l'oreille du Lapin en rigidité de décérébration et à sympathique coupé d'un côté une dose active d'un adrénolytique (933 F, corynanthine), la relaxation musculaire de l'animal est totale, sauf dans le membre postérieur du côté où la chaîne sympathique est sectionnée. Néanmoins, dans un deuxième stade s'établissant après un certain temps, ce membre se relâche lui aussi, mais sans jamais atteindre la résolution complète des autres muscles de l'animal. Au fur et à mesure que le poison s'élimine, la rigidité réapparaît peu à peu, mais beaucoup plus rapidement et avec plus d'ampleur du côté de la section.

Vu la similitude d'action entre les adrénolytiques et le curare, nous avons refait exactement les mêmes expériences avec le curare et constaté un parallélisme frappant dans les effets observés : même retard dans une disparition incomplète de la rigidité et même réapparition précoce après élimination de la drogue du côté où le sympathique est coupé. Dans le but d'approfondir l'analyse de ces actions, nous avons essayé de les dissocier par l'emploi de la prostigmine connue pour abolir les effets du curare. Or, en injectant lentement à un animal dont la rigidité de décérébration a disparu sous l'action du curare, une dose de prostigmine ($0^{mg},75$ par kg d'animal), suffisante pour compenser la respiration profondément ralentie et superficielle et pour provoquer les fibrillations et les mouvements cloniques classiques, nous n'avons jamais pu rétablir la rigidité. Ce résultat négatif a été retrouvé en tous points pour les adrénolytiques.

Ces constatations posent une série de problèmes dont nous passerons rapidement en revue quelques-uns. D'après la théorie classique une section du sympathique doit entraîner une vasodilatation. Si l'action des adrénolytiques et du curare était uniquement périphérique, on devrait donc s'attendre à une résolution plus rapide de la rigidité dans le membre à sympathique coupé. Or nous avons constaté l'inverse.

D'autre part, cette même section interrompt les influx venant d'un centre sympathique; on peut donc émettre l'hypothèse que le centre envoie des influx inhibiteurs du tonus, ce qui serait contraire à toutes les théories connues jusqu'à présent. Les adrénolytiques aussi bien que le curare agiraient donc au début par inhibition de ce centre, inhibition qui ne peut se manifester quand la chaîne sympathique abdominale est coupée.

Dans le cas spécial du curare, très discuté à l'heure actuelle à propos de l'application pratique du curare à l'anesthésie chirurgicale (L. Lapicque), son action périphérique a toujours été interprétée comme étant due à un blocage pour les influx moteurs des cellules effectrices, et ce blocage est connu pour être aboli par la prostigmine. Le fait de la non-existence d'un antagonisme de

la prostigmine et du curare dans le phénomène de la rigidité de décérébration nous semble enfin un appui nouveau pour la conception d'une première action centrale de cette substance.

PHYSIOLOGIE. — *L'adaptation au froid et la résistance à la dépression atmosphérique.* Note de M. **Jean Giaja** et M[lle] **Leposava Marković**, présentée par M. Léon Binet.

A une température donnée du milieu extérieur, il y a une tension liminaire d'oxygène au-dessous de laquelle la consommation d'oxygène de l'homéotherme commence à baisser avec la tension. Expérimentant comparativement sur deux groupes de rats, dont l'un avait séjourné plusieurs semaines dans une pièce chauffée à 28-30°, c'est-à-dire dans les conditions de neutralité thermique, tandis que l'autre avait été exposé au froid des mois d'hiver dans une pièce sans chauffage, dont la température variable était la plupart du temps peu au-dessous de 0°, on constata que leur sensibilité envers la dépression de l'oxygène était très différente. Les rats des deux groupes étaient nourris de la même manière et les uns aussi bien que les autres étaient dans un bon état de nutrition.

En cherchant à la température ambiante de 13-18° quelle est la tension liminaire pour ces rats, c'est-à-dire à quelle dépression de l'oxygène de l'air, en partant de la tension normale de 159^{mm}, leur consommation d'oxygène commence à baisser, on trouva une différence nette à ce sujet entre les deux groupes mentionnés.

La moyenne de la tension liminaire de 7 rats adaptés au chaud était de 131^{mm}, tandis que celle du même nombre de rats adaptés au froid était de 106^{mm}. Ces pressions partielles de l'oxygène correspondent aux pressions barométriques, altitudes atmosphériques et baroquotients suivants :

	Tension liminaire.	Pression barométrique.	Altitude.	Baroquotient.
Rats adaptés au chaud.....	131^{mm}	623^{mm}	1,500^{m}	13,3
Rats adaptés au froid......	106^{mm}	504^{mm}	3,300^{m}	19,7

On voit que la consommation normale d'oxygène des rats adaptés au froid n'est affectée que par une dépression correspondant à une altitude double de celle correspondant à la tension liminaire des rats adaptés au chaud. D'autre part, la consommation d'oxygène par kg/h étant plus élevée chez les rats adaptés au froid, il en résulte que leur *baroquotient* (rapport entre la consommation d'oxygène et la tension d'oxygène) s'en trouve augmenté : *l'organisme homéotherme adapté au froid peut subvenir à sa plus forte consommation d'oxygène par une tension d'oxygène moins élevée, en comparaison avec l'organisme adapté au chaud.* L'adaptation au froid augmente le rendement de la tension d'oxygène au point de vue des oxydations intraorganiques.

On constate également en ce qui concerne la valeur de la dépression barométrique mortelle une différence entre les rats des deux milieux thermiques d'adaptation, comme le montre l'expérience suivante.

Nous plaçons dans notre chambre pneumatique, à la température de 17°, quatre rats, deux adaptés au chaud, deux adaptés au froid. On procède à la raréfaction progressive de l'atmosphère de la chambre, dont la pression atteint en l'espace de 10 minutes 250mm. A ce moment les quatre rats sont en proie à une forte agitation et une dyspnée intense. Cependant les deux rats adaptés au chaud ne tardent pas à expirer, la pression dans la chambre étant maintenue à 250mm, tandis que les deux autres rats, couchés sur le flanc, respirent difficilement. On attend encore quelques minutes avant de rétablir la pression normale. Les deux rats survivants se rétablissent promptement.

Ces expériences ont été suggérées par l'observation fortuite que les rats étaient moins sensibles envers la dépression de l'oxygène en hiver qu'en été.

Les profondes modifications énergétiques produites par le milieu thermique d'adaptation, mises en évidence surtout par les travaux de S. Gelineo (1), concernent donc également, comme on vient de le voir, les oxydations intraorganiques dans leur dépendance de la tension de l'oxygène. Il ne semble pas s'agir de modifications dans le transport sanguin de l'oxygène, la teneur en hémoglobine n'étant pas notablement différente chez nos rats de différents milieux thermiques.

(1) *Annales de Physiologie et de Physico-chimie biologique*, 10, 1934, p. 1083-1115.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les variations topographiques, au cours de la vie post-embryonnaire des territoires d'origine sinusaire et müllérienne appartenant au canal utéro-vaginal de la Taupe.* Note de M. **René Godet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note récente (1) nous admettons que le vagin de la Taupe de quelques jours (canal utéro-vaginal) est constitué par les canaux de Müller en majeure partie, auxquels se trouvent associés un court tronçon d'origine sinusaire et une extrémité postérieure épithéliale. Ceci, contrairement à J. Wood (2), F. Krasa (3) et W.-A. Mijsberg (4) qui nient toute participation du sinus urogénital à l'histogénèse vaginale.

D'un autre côté, au point de vue physiologique, les auteurs qui ont étudié le cycle œstral chez la Taupe, F. Tourneux (5), R. Courrier (6) et H. Harrison-

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1748.
(2) *Proc. Zool. Soc. London*, 15, 1914, p. 191.
(3) *Anat. Hefte*, 55, 1918, p. 443.
(4) *Zeitschr. Anat. Entw. gesch.*, 77, 1925, p. 650.
(5) *C. R. Ass. Anat.*, 5, 1903, Liége, p. 59.
(6) *Thèse de médecine*, 53, 1924, Strasbourg.

Matthews ([7]) décrivent tous une métaplasie épidermoïde avec kératinisation et desquamation précédant un stade muqueux, au niveau des parois vaginales pendant l'œstrus.

Or, les hypothèses de S. Zuckerman ([8]) largement vérifiées chez de nombreux mammifères, notamment par R. Raynaud ([9]), chez la Souris et par A. Jost ([10]) chez le Lapin, n'accordent la possibilité d'une réaction métaplasique aux œstrogènes qu'aux dérivés du sinus urogénital.

Il est donc évident que les travaux mentionnés ci-dessus sont en contradiction, au moins apparente, avec les hypothèses de Zuckerman. Des recherches sur la Taupe, on peut, en effet, déduire, que la métaplasie épidermoïde peut affecter indifféremment les tissus d'origine sinusaire et müllérienne (ou les tissus müllériens seuls si l'on admet les vues de Wood, Krasa et Mijsberg). Mais de telles conclusions, aussi opposées aux résultats acquis chez les autres Mammifères, ne pouvaient être accueillies sans nouvel examen des faits. Ce sont les résultats de ces nouvelles observations que nous rapportons ici.

Deux questions se posaient, dont la solution devait éclairer ce problème. Le canal utéro-vaginal de la Taupe est-il constitué des mêmes éléments que le vagin de la Taupe de quelques jours et la topographie de ces territoires d'origine différente reste-t-elle inchangée au cours de la vie post-embryonnaire? Est-ce que la totalité du canal utéro-vaginal subit une métaplasie épidermoïde au cours de l'œstrus?

Nous avons examiné des taupes âgées de 1, 2, 3, 4, 5 semaines et 2, 4, 6, 8 mois et des taupes adultes primipares et multipares. Une partie de ces individus a été soumise à un traitement œstrogène.

Nous avons constaté que le canal utéro-vaginal était constitué, chez tous ces individus, de territoires müllériens et sinusaires. Les limites territoriales sont difficiles à mettre en évidence chez les individus en anœstrus. Par contre, chez ceux qui ont été soumis à l'action des œstrogènes, ou qui étaient en œstrus naturellement, les contacts des éléments müllériens et des éléments sinusaires sont d'une netteté remarquable. En effet, seule la portion d'origine sinusaire réagit aux œstrogènes (et en cela l'hypothèse de Zuckerman se trouve une fois de plus vérifiée) par une rapide et importante métaplasie épidermoïde, tandis que la portion d'origine müllérienne reste constituée de très hautes cellules unistratifiées. En général, les éléments sinusaires s'insèrent en pointe entre le mésenchyme et les éléments müllériens, sous forme de coin. Dans certains cas, surtout chez les taupes très jeunes, nous avons pu observer la substitution de

([7]) *Proc. Zool. Soc. London*, 1935, p. 347.
([8]) *Biol. Rev., Cambridge*, 15, 1940, p. 231.
([9]) *Act. Scient. et Industr.*, nos 925 et 926, 1942, Paris.
([10]) *Ann. Endocrin.*, 4, 1943, p. 221.

l'épithélium müllérien par des éléments de type sinusaire. Les cellules müllériennes se trouvent soulevées et isolées du mésenchyme sous-jacent par la poussée des cellules sinusaires et tombent dans le lumen vaginal. On peut même voir des cellules müllériennes, groupées en îlots, encore adhérentes à l'épithélium sinusaire métaplasié, quelques centaines de μ en arrière du point de contact des deux types d'épithéliums.

Au point de vue topographique, nous avons suivi l'évolution des territoires sinusaire et müllérien au cours des différents âges. Pendant toute la vie post-embryonnaire, les éléments sinusaires s'accroissent considérablement, repoussant le tronçon müllérien et se substituant partiellement à lui. *Chez l'adulte, ce dernier occupe moins d'un dixième de la longueur totale du canal utéro-vaginal, alors qu'il occupait la presque totalité du vagin chez la Taupe de quelques jours.*

De ces observations il faut conclure que la topographie des territoires constituant le vagin chez l'adulte n'est pas obligatoirement calquée sur la topographie de ces territoires chez le nouveau-né. D'autre part, il faut être prudent dans l'interprétation de la topographie des territoires soumis à une œstrinisation prolongée, les rapports normaux des épithéliums en présence peuvent en effet être modifiés par le traitement qu'on applique.

En conclusion, nous avons constaté que la plus grande partie du canal utéro-vaginal, chez la Taupe adulte (portion postérieure), était constituée par des éléments issus du sinus et réagissant à l'action des œstrogènes par une métaplasie épidermoïde. La portion antérieure de ce canal est de type müllérien et reste unistratifiée après œstrinisation. Or, chez la Taupe âgée de quelques jours, le canal utéro-vaginal est principalement constitué d'éléments müllériens. Cette variation dans la répartition des divers territoires s'explique par la croissance considérable, et à peu près exclusive, des éléments d'origine sinusaire et par la substitution partielle de l'épithélium müllérien par l'épithélium sinusaire, au cours de la vie post-embryonnaire. Ces observations vérifient, chez la Taupe, les hypothèses de Zuckerman et confirment les conclusions d'une Note précédente sur l'origine du vagin chez cet insectivore (1).

ZOOLOGIE. — *Les éléments glandulaires du gastrozoïde d'*Abylopsis tetragona (*Siphonophore calycophoride*). Note (*) de M. **Maurice Rose**, Mlles **Maryvonne Hamon** et **Madeleine Mettey**, présentée par M. Maurice Caullery.

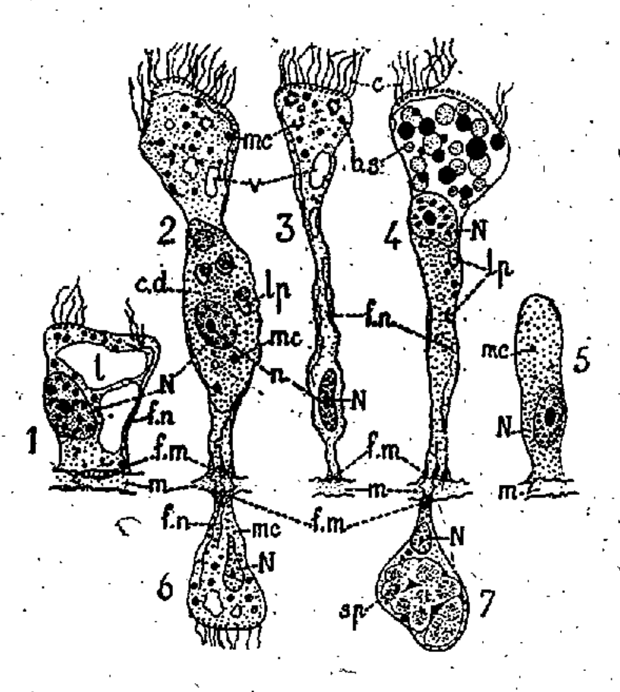
La bibliographie concernant la cytologie des Siphonophores est très pauvre et relativement ancienne, puisque le travail le plus récent que nous ayons pu trouver sur le sujet est celui d'Iwantzoff (1928). C'est pourquoi nous avons

(*) Séance du 19 juillet 1948.

entrepris des recherches nouvelles, en appliquant les techniques modernes de la science histologique. Nous nous bornerons ici exclusivement à l'exposé de nos résultats dans l'étude des cellules glandulaires du gastrozoïde d'*Abylopsis tetragona*. On sait qu'il représente un polype adapté aux fonctions digestives. Il est constitué par un ectoderme et un endoderme séparés par une lame de mésoglée anhiste.

Dans l'endoderme, on trouve plusieurs types de cellules glandulaires, qui semblent dériver d'un élément fondamental, dont voici la structure.

C'est une cellule allongée (*fig.* 2), qui s'appuie sur la lame mésogléenne



1, cellule endodermique du canal; 2, cellule sécrétrice endodermique active; 3, cellule endodermique âgée; 4, cellule endodermique buccale; 5, cellule endodermique jeune; 6, cellule ectodermique glandulaire; 7, cellule ectodermique buccale. N, noyau; *m*, mésoglée; *f. m.*, fibres musculaires en coupe transversale; *b. s.*, boules de sécrétion; *lp*, lépidosomes; *v*, vacuoles; *l*, lacunes; *mc*, mitochondries; *f. n.*, fibrilles nerveuses; *c*, cils avec leurs grains basaux; *n*, nucléole; *c. d.*, cytoplasme périnucléaire dense; *sp*, sphérules confluentes d'aspect mucoïde.

par un de ses pôles aminci; l'autre, cilié, étant libre dans la cavité digestive. Le noyau, ovoïde, se trouve au centre. Il contient un gros nucléole et de grandes plaquettes de chromatine. Le cytoplasme environnant, plus dense, très colorable, forme une zone bien individualisée. Ce cytoplasme est beaucoup plus lâche et plus lacuneux aux deux extrémités de la cellule. Le *chondriome* est représenté par des mitochondries de taille variable, isolées ou groupées en amas. Dans la zone périnucléaire, on observe des *lépidosomes*, au sens de Parat et Filhol et qui sont de taille variable. Ils semblent contribuer à l'élaboration des produits de sécrétion, qui se présentent finalement comme de grosses boules au-dessus du noyau, ou comme de petits grains disséminés dans les régions lacuneuses. De nombreuses vacuoles se voient vers le pôle libre, qui est couvert de cils fins, longs et nombreux, insérés sur des grains basaux allongés. Des fibrilles nerveuses viennent de la mésoglée et parcourent la cellule sous la membrane; elles s'infléchissent sous la ciliature et deviennent horizontales.

L'élément ainsi décrit est en pleine activité. Quand il vieillit (*fig.* 3), sa

structure devient très lacuneuse; les mitochondries se gonflent et se groupent, en donnant souvent des anneaux granuleux. Les produits de sécrétion ne se voient plus que vers le bord libre, sous forme de petits grains.

La cellule sécrétrice jeune (*fig.* 5) est caractérisée par son cytoplasme homogène très colorable et l'absence de produits élaborés.

Les éléments glandulaires de ce type se trouvent surtout dans la région moyenne du gastrozoïde.

Dans la région buccale (*fig.* 4), ils sont remplacés par des cellules à grosses boules de sécrétion vers leur bord libre et qui sont enchassées dans un réseau cytoplasmique. Les fibrilles nerveuses sont bien visibles.

Dans le canal qui joint la cavité gastrique et le stolon, les cellules (*fig.* 1) sont toutes semblables, ciliées, courtes et trapues, très lacuneuses. Bien que nettement glandulaires, elles sont de nature plus franchement épithéliale.

Toutes les cellules endodermiques montrent, contre la mésoglée, la section transversale de fibres musculaires.

Les cellules ectodermiques (*fig.* 6-7) sont plus petites, ciliées, à cytoplasme homogène, mais plus ou moins lacuneux. Le noyau est moins colorable; le chondriome est formé de mitochondries isolées, plus nombreuses vers la mésoglée. Les vacuoles sont abondantes; la sécrétion est figurée par des boules dans la zone moyenne et vers le bord libre.

Dans la région buccale, la cellule devient parfois très étroite; son pôle libre, étalé en éventail, est bourré de sphérules confluentes, d'aspect mucoïde.

A la base des cellules ectodermiques, on voit la section de fibres musculaires, entre lesquelles s'insinuent des fibrilles nerveuses, qui se comportent comme dans l'endoderme.

ZOOLOGIE. — *Un organe endocrine chez* Idotea (Crustacea isopoda). Note (*) de M. Raymond Amar, présentée par M. Louis Fage.

Les travaux d'Hanström et de son école ont révélé l'existence et l'importance physiologique des organes endocrines (glande du sinus, organe X) chez les Crustacés. Chez les Isopodes, ces formations sont encore mal connues. On sait seulement que l'organe pseudofrontal des Isopodes terrestres est l'homologue de la glande du sinus des Décapodes et que *Ligia exotica* possède vraisemblablement, d'après Sawaya [1], un organe X. Les Isopodes marins n'ont fait l'objet d'aucune étude à cet égard.

Il existe cependant chez les Idothées un organe en relation étroite avec les ganglions cérébroïdes, et qui présente les signes d'une activité sécrétrice

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) *Proc.* 8 *th. Amer. Sc. Congr.*, 3, 1942, p. 487.

indiscutable. Le schéma (*fig.* A) indique la structure générale du système nerveux supraœsophagien d'*Idotea baltica Basteri* (Audouin) et ses rapports avec l'organe endocrine (gl.).

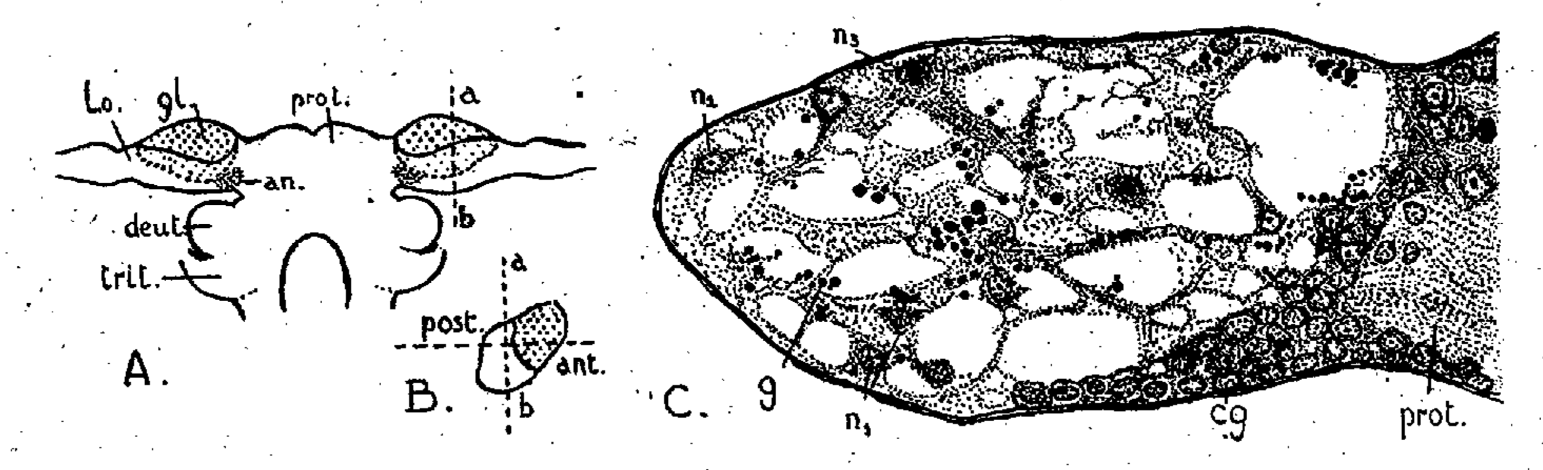


Fig. A. — Schéma des ganglions cérébroïdes d'*Idotea baltica Basteri*, vue postérieure. *gl.*, glande endocrine; *an.*, annexe; *l. o.*, lobe optique; *prot.*, protocerebron; *deut.*, deutocerebron; *trit.*, tritocerebron. Fig. B. — Coupe suivant *a-b* de la figure A, perpendiculaire à l'axe du lobe optique. Fig. C. — Coupe verticale de la glande endocrine. *c. g.*, cellules ganglionnaires; *g.*, globules fuschinophiles; *n*1, *n*2, *n*3, noyaux.

Celui-ci, relativement volumineux, de forme ovoïde et de couleur blanchâtre sur le frais, est situé, de chaque côté du protocerebron, au bord antéro-supérieur de la moité interne du lobe optique; il s'étend en avant de la *medulla externa*, bien développée, et de la *medulla interna*, souvent peu distincte. Distalement, il atteint donc le *chiasma externum*, alors que, proximalement, il vient au contact de la *medulla terminalis*, intégrée au protocerebron. Une coupe perpendiculaire à l'axe du lobe optique (*a-b*, *fig.* A) montre que l'organe est logé dans une dépression, en forme de coupe, du système nerveux (*fig.* B). Enfin, il est innervé postérieurement par un faisceau nerveux originaire de la *medulla terminalis*.

Cette nouvelle glande endocrine a une structure histologique relativement simple. Elle est enveloppée par la même membrane capsulaire, à noyaux allongés et aplatis, qui enveloppe le système nerveux central. Une sorte de coagulum métachromatique, réticulé, d'aspect souvent fibroïde, délimitant des espaces vides parfois importants, en occupe la plus grande partie. Les corps cellulaires, mal délimités et assez irrégulièrement répartis, y sont peu nombreux. Leurs noyaux présentent des aspects variables, correspondant peut-être à des phases différentes d'évolution. Les uns, clairs, à granulations chromatiques nombreuses, sont analogues (n_1) à ceux des grandes cellules ganglionnaires ordinaires de la partie antérieures du protocerebron. D'autres, plus sombres, à contours moins arrondis, possèdent encore un nucléole central bien distinct, mais les granulations chromatiques, sont nettement périphériques (n_2). D'autres enfin, plus petits, d'allure pycnotique, présentent un amas chromatique central rétracté et intensément coloré (n_3). De très nombreux globules fuschinophiles, de toutes tailles, le plus souvent groupés et d'autant plus foncés qu'ils sont plus petits, constituent le produit de l'activité sécrétrice. Ces globules sont généralement disposés le long des travées fibroïdes qui parcourent l'organe, mais on en trouve également un peu partout.

Le bord proximal de cet organe est, ventralement, en relation, par un fin canalicule antéro-postérieur qui va en s'élargissant, avec une formation postérieure (an.) qui m'a

paru close en examinant des coupes en série. La présence de rares globules fuschinophiles dans la lumière du canalicule paraît attester l'existence d'une communication entre l'organe et cette annexe. Celle-ci, constituée par un réticulum granuleux limité par une membrane à noyaux aplatis, est innervée par le même faisceau nerveux, issu de la *modulla terminalis*, qui innerve l'organe décrit.

L'homologie de cette glande endocrine, présente également chez *Idotea viridis* (*salinarum*), avec les formations décrites chez les autres ordres de Malacostracés, demeure d'une interprétation délicate et ne pourra être précisée avec quelque certitude, qu'après l'étude comparative des divers groupes d'Isopodes. Notons déjà, toutefois, que l'organe de l'Idothée offre de très grandes ressemblances avec un organe que j'ai retrouvé chez *Sphæroma serratum* et qui, par sa position, semble correspondre à l'organe pseudofrontal des Isopodes terrestres, c'est-à-dire à la glande du sinus.

Enfin, on sait que les extraits de tête d'*Idotea* contiennent d'après Okay ([2]), Suneson ([3]) et Amar (non publié) une substance qui détermine la contraction des chromatophores bruns de ces Isopodes. On peut donc penser, par analogie avec les résultats obtenus chez les Crustacés supérieurs, que cette substance est sécrétée par un organe contenu dans la tête d'*Idotea*, peut-être par l'organe décrit ici. Des expériences, plus précises que celles réalisées jusqu'ici, permettront de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

ENTOMOLOGIE. — *Dimorphisme sexuel des glandes odorantes métathoraciques chez quelques Hémiptères.* Note (*) de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Louis Fage.

L'appareil glandulaire, qui existe dans le métathorax des imagos chez la plupart des Hémiptères Hétéroptères, a fait l'objet de nombreux travaux; cependant, sa signification physiologique est à peu près inconnue. On tend à le considérer comme jouant un rôle protecteur par l'action répulsive, voir toxique, qu'exercerait la sécrétion odorante qu'il produit. Cette hypothèse, bien que critiquée à plusieurs reprises et ne reposant sur aucun fait certain, est la plus généralement admise. L'hypothèse d'une relation entre les glandes métathoraciques et l'activité sexuelle a été également avancée, sans qu'il y soit apporté jusqu'ici d'autre argument que l'apparition de ces glandes au stade imaginal seulement.

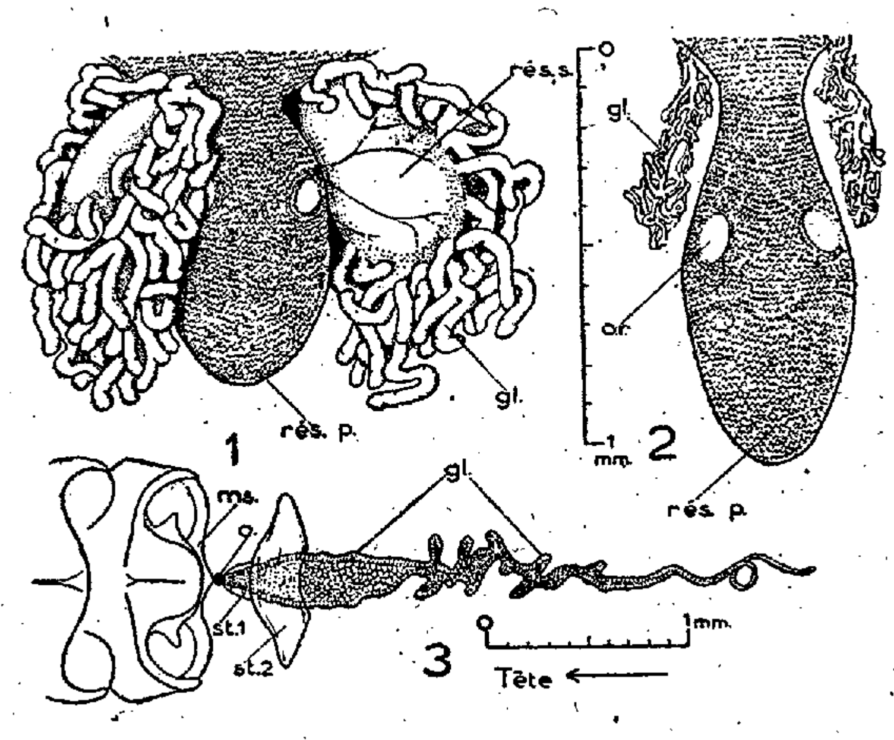
Cependant, j'ai constaté chez certains Hémiptères un dimorphisme sexuel de l'appareil glandulaire métathoracique, surtout marqué en période d'activité

([2]) *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul*, B, 10, 1945, p. 116.

([3]) *Kungl. Fysiogr. Sällsk. Handl. N. F.*, 58, 1947, p. 10.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

génitale. La dissection et l'étude histologique de Lygéidés (*Dimorphopterus*, *Ischnodemus*, *Scolopostethus*, *Tropidothorax* et genres voisins) montrent que, chez les mâles, les glandes tubuleuses de part et d'autre du réservoir médian, très développées, occupent un volume important dans le métathorax et la région antérieure de l'abdomen; le tronc collecteur de chacune des deux glandes, fortement dilaté, constitue un réservoir secondaire (¹), parfois aussi volumineux que le réservoir médian (*fig.* 1). Chez les femelles, au contraire,



Appareil glandulaire métathoracique de *Dimorphopterus Spinolæ* en juin (période d'activité génitale). 1, chez le mâle (glande droite écartée pour montrer le réservoir secondaire); 2, chez la femelle; 3, vue ventrale de la glande métathoracique d'un mâle de *Dydimocephalus curculio*. *gl.*, glande; *ms.*, metasternum; *o.*, orifice; *o. r.*, organe réniforme; *rés. p.*, réservoir principal; *rés. s.*, réservoir secondaire; *st.* 1 et *st.* 2, 1er et 2e sternites abdominaux.

ces glandes tubuleuses sont très réduites et dépourvues de réservoir secondaire (*fig.* 2); leur activité sécrétrice paraît nulle. Le réservoir médian et les organes réniformes qu'il porte sont surtout sujets à des variations individuelles; bien que fréquemment plus développés chez les femelles que chez les mâles de *Dimorphopterus*, ils ne présentent en général que peu de différence d'un sexe à l'autre.

Chez les imagos immatures, les glandes tubuleuses sont moyennement développées et sensiblement de même façon chez les mâles et les femelles; toutefois, les réservoirs secondaires, encore peu volumineux, n'existent que chez les mâles. A l'approche de la maturité sexuelle, les glandes des mâles se développent considérablement pour atteindre en période d'activité génitale, l'importance signalée plus haut. Les glandes des femelles au même moment paraissent au contraire régresser.

(¹) H. Henrici a signalé l'existence de ces réservoirs secondaires chez le Lygéide *Melanocoryphus albomaculatus* sans mentionner le dimorphisme sexuel qu'ils présentent (*Zool. Jahrb.*; 66, 1940, p. 380).

Dans l'ensemble des Hétéroptères, l'existence d'un dimorphisme sexuel des glandes odorantes paraît limitée à certains groupes; je ne l'ai pas observée chez d'autres Lygéidés (*Heterogaster*, *Phlegyas*) appartenant à des groupes différents de ceux des genres précédemment cités, non plus que chez les représentants des Pentatomidés, Coréidés, Anthocoridés, Cimicidés que j'ai pu examiner jusqu'ici.

Par contre un cas extrême de différence sexuelle portant sur l'appareil glandulaire métathoracique se rencontre chez les Héricocéphalidés. Ces Hémiptères possèdent une glande odorante impaire, dont l'orifice est situé au bord antérieur du quatrième tergite abdominal. Dans les deux sexes, cette glande persiste fonctionnelle durant toute la vie imaginale comme aux stades larvaires. Une glande métathoracique comparable à celle d'autres Hétéroptères, quoique d'un type particulier, n'apparaît que *chez les imagos mâles*; impaire et médiane, elle s'étend sur une grande longueur dans l'abdomen et débouche ventralement à l'extérieur par un petit orifice dout les bords sont en continuité avec une pièce sclérifiée, qui est un prolongement médian du bord postérieur du métasternum (*fig.* 3). Un sclérite, vestige du premier sternite abdominal, et qui n'existe que chez les mâles, recouvre normalement comme d'un capuchon cet orifice.

Au point de vue structure, cette glande, ectodermique, est un tube formé par une assise cellulaire de type hypodermique, bordée intérieurement d'une couche de chitine très plissée, et entourée extérieurement d'un manchon de hautes cellules glandulaires à cytoplasme plus ou moins fortement vacuolisé. Peu avant l'orifice, les cellules glandulaires disparaissent brusquement et la paroi prend l'aspect de celle du réservoir des glandes odorantes chez d'autres Hémiptères.

Les faits rapportés ici n'établissent pas la preuve d'un rôle joué par les glandes métathoraciques dans l'activité sexuelle; ils montrent qu'il existe, dans certains cas, une relation nette, mais de nature encore inconnue, entre cette activité et le développement d'une partie de l'appareil glandulaire métathoracique.

NUTRITION. — *Le facteur responsable de l'inaptitude du Maïs à la croissance.* Note (*) de M[me] **Janine Creveaux-Bourgeat**, M[lle] **Thérèse Terroine** et M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Robert Courrier.

Des travaux récents ont montré que l'arrêt de croissance et les accidents provoqués par adjonction du maïs à un régime *équilibré* pouvaient être corrigés indifféremment par le tryptophane ou la niacine (Krehl et col. notamment). Ces faits tendraient à laisser croire que l'action dépressive du

(*) Séance du 19 juillet 1948.

maïs et ses propriétés pellagrogènes relèvent d'une carence en tryptophane et en vitamine PP. Or, dernièrement (1948), Jacquot et Blaizot ont signalé que cette dernière était incapable d'améliorer la croissance déficitaire de rats exclusivement nourris avec un pain mixte maïs-blé. Une telle divergence était à expliquer, car elle laissait supposer que l'inaptitude du maïs à la croissance relevait de carences autres que celles en tryptophane ou en niacine. C'est ce que nous avons essayé d'éclaircir par les deux expériences suivantes :

Dans un premier temps le régime de base était constitué par un mélange à parties égales de farine de maïs et de farine blanche de blé, uniquement enrichi en riboflavine (4 mg/kg) et en sels minéraux (16 g/kg du mélange de McCollum); les vitamines liposolubles étaient administrées séparément. Une telle ration, dont la teneur protidique était voisine de 10 %, couvre théoriquement les besoins énergétiques, vitaminiques et minéraux du Rat. L'expérience a porté sur une centaine de rats mâles, pesant de 40 à 50 g répartis en lots homogènes de 10 animaux. Selon les lots, le régime de base, enrichi ou non en vitamine PP (200 mg/kg), était complémenté par trois amino-acides différents : tryptophane (0,30 %), lysine (1,24 %) et cystine (0,36 %). Le tableau I rapporte les gains de poids moyens journaliers observés avec les différents régimes pendant 35 jours.

	Gain de poids moyen (g).		Gain de poids moyen (g).
Régime de base seul	0,55	Régime de base avec PP	0,61
» + tryptophane	0,56	» + tryptophane	0,54
» + lysine	1,74	» + lysine	1,74
» + cystine	0,57	» + cystine	0,50

On voit, d'une part, que ni le tryptophane ni la cystine ne supplémentent le mélange maïs-blé, alors que l'action supplétive de la lysine est très démonstrative et, d'autre part, que la niacine n'agit en aucun cas comme facteur de croissance. Il est à noter en outre que, du point de vue état général, seuls les rats recevant de la lysine avaient un aspect normal; tous les autres présentaient des anomalies de la fourrure (massives pertes de poils) et ces symptômes, loin d'être améliorés, étaient surtout marqués et précoces chez les animaux recevant du tryptophane avec ou sans niacine. Ces observations, en opposition formelle avec les faits rapportés par les auteurs anglo-saxons, pourraient-elles s'expliquer par certaines différences dans les conditions expérimentales? En effet, les chercheurs américains utilisent un régime contenant toujours de la caséine, alors que notre ration renferme uniquement des protides végétaux.

Pour étendre nos investigations et nous mettre, autant que possible, en parallèle avec ces auteurs, nous avons modifié, comme suit, l'expérience initiale. Les lots de 10 animaux furent scindés en deux : 4 rats étaient maintenus

au régime initial, les 6 autres recevaient en outre 2,5 % d'hydrolysat de caséine complémenté. Les gains de poids moyens et journaliers en grammes pendant 28 jours sont rapportés ci-dessous :

	Régime initial.	Régime complémenté.
Régime de base	0,78	2,1
» + PP	0,78	2,3
» + tryptophane	0,89	2,1
» + tryptophane + PP	0,77	2,1
» + lysine	2,1	2,4
» + lysine + PP	1,6	2,6
» + cystine	0,7	2,1
» + cystine + PP	0,61	2,2

Les observations relatives aux animaux maintenus au régime initial confirment les conclusions précédentes quant à l'efficacité de la lysine, en opposition avec l'inaptitude du tryptophane ou de la niacine. D'autre part, tous les rats recevant un supplément azoté sous forme d'hydrolysat de caséine témoignent d'une reprise de croissance identique et atteignant un taux normal, avec une amélioration très nette de l'état de la fourrure. L'adjonction d'un acide aminé, quel qu'il soit n'apporte plus alors de bénéfice significatif. Il apparaît que l'addition de 2, 5 % de caséine suffit à supplémenter le mélange maïs-blé. Or, on sait que la caséine est pauvre en tryptophane, mais riche en lysine. Il semble donc que c'est à celle-ci qu'il faille attribuer l'action supplétive très marquée d'une faible addition de caséine.

En résumé, l'inaptitude du maïs à la croissance peut s'expliquer en premier chef par sa déficience en lysine, qui joue d'ailleurs le rôle de facteur limitant pour la majorité des céréales. Par contre, dans nos conditions expérimentales, ni le tryptophane ni la vitamine PP ne semblent jouer le rôle primordial que certains leur attribuent [1].

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Antagonisme chronaximétrique des vitamines.* Note (*) de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Déjà, nous avons eu l'occasion d'étudier l'action réciproque d'avitaminoses ou de déséquilibres opposés dans leurs effets chronaximétriques et nous avons pu enregistrer la neutralisation plus ou moins prolongée de ceux-ci. De même,

---

(1) Ces recherches n'ont été possibles que grâce à la coopération du Dr King de la Nutrition Foundation et à l'Interchemical Corporation.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

nous avons souligné l'action neutralisante que manifestent quelques vitamines vis-à-vis de certains troubles chronaxiques de carence qui ne sont pas sous leur dépendance directe. Il nous a semblé logique de rechercher, toujours dans cette voie, l'action antagoniste que les diverses vitamines peuvent exercer entre elles.

Les vitamines utilisées pour ces travaux furent injectées, aux doses habituellement mises en œuvre dans nos précédentes recherches, à des rats blancs adultes ou préadultes, par voie sous-cutanée, en solutions aqueuses ou huileuses selon les cas.

L'action chronique de petites doses répétées permet, comme nous avons eu déjà l'occasion de le montrer, de séparer en deux groupes les substances à propriétés vitaminiques : celles qui diminuent les temps d'excitation nerveuse et traduisent ainsi leur effet excitant (vitamine A, acide linoléique, choline, adrénochrome) et celles qui augmentent au contraire les chronaxies nerveuses et dont l'effet est dépressif (vitamines du groupe B, vitamines C, D, E, G ou B_6, H_1 et H_2, K, inositol, acide folique, épicatéchine et rutoside).

Qu'advient-il donc si l'on pratique conjointement des injections de deux des substances précédentes? Ne pouvant mettre en œuvre toutes les combinaisons possibles, nous nous sommes contentés d'opposer, à titre préventif ou curatif, les principales vitamines connues aux quatre chefs de file : vitamine A, complexe B [1], vitamines C et D. La mesure des chronaxies nerveuses était effectuée chaque fois selon notre technique percutanée habituelle et portait sur les nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils.

L'injection d'une vitamine faite simultanément ou secondairement à une autre n'entraîne parfois aucun changement sur la perturbation chronaxique produite par la première (action nulle); mais elle provoque aussi parfois un retour plus ou moins rapide des chronaxies à la normale (action neutralisante), cette neutralisation pouvant apparaître d'emblée ou plus exceptionnellement après quelques jours. Quand on n'observe pas de neutralisation, c'est l'une ou l'autre des vitamines injectées dont la réaction l'emporte; il n'y a pas augmentation d'amplitude, même quand les deux substances exercent sur la chronaxie une action de même sens.

Il ressort très nettement de nos déterminations que les vitamines se répartissent en deux groupes :

I. Celles qui neutralisent les effets chronaximétriques des vitamines A et B; telles sont les vitamines C, D, F, la biotine (H_1), l'acide paraaminobenzoïque (H_2) et la choline;

II. Celles qui neutralisent les effets des vitamines C et D; telles sont la vitamine A, les 5 vitamines du groupe B séparées ou réunies, les vitamines E

---

(1) Aneurine, riboflavine, nicotinamide, adénine, acide pantothénique.

et K, l'adermine ou pyridoxine (G ou B_6); l'acide folique, l'épicatéchine, le rutoside (P ou C_2) et l'adrénochrome.

Comme on peut s'en rendre compte, la répartition des vitamines entre ces deux groupes n'est pas liée au sens de leur action isolée sur les chronaxies nerveuses. La choline, qui diminue ces chronaxies, neutralise aussi bien les effets de la vitamine A qui sont de même sens que ceux des vitamines du groupe B qui sont de sens opposé, et elle partage son action avec les vitamines C et D qui augmentent les chronaxies. Cette répartition se montre plutôt en accord avec nos observations antérieures sur l'effet des vitamines sur l'équilibre acido-basique : la vitamine A et le complexe B sont, en effet, connus pour leur action alcalosique, alors que les vitamines C et D sont acidosiques.

On trouve dans le premier groupe, à côté des vitamines C et D : la vitamine F qui est normalement acidosique et s'oppose effectivement à l'activité chronaximétrique des vitamines de l'autre groupe : nicotinamide (B_3), acide pantothénique (B_5) et pyridoxine (G ou B_6) — bien que par ailleurs l'avitaminose F soit acidosique et que la vitamine F puisse s'opposer aux effets de l'acidose expérimentale, ce qui rend l'interprétation de cette action difficile —, la choline qui se montre acidogène dans la lutte contre l'alcalose expérimentale et dans son action sur le sujet normal lorsqu'elle est introduite par voie intraveineuse, et enfin la biotine et l'acide paraaminobenzoïque, ce dernier étant incontestablement doué de propriétés acidosiques.

Dans le groupe II, on trouve à côté des vitamines A et B, les vitamines E, G ou B_6, K et P, qui ont une action alcalinisante sur le sujet normal; reste l'inositol sans influence sur la réserve alcaline, mais qui s'oppose aux effets des vitamines H, et l'acide folique d'action acidifiante, mais qui se trouve vraisemblablement rangé ici en raison de l'action vicariante qu'il exerce vis-à-vis des vitamines B_1 et B_2.

Doit-on pratiquement éviter ou rechercher l'association de vitamines des deux groupes? On serait tenté de croire qu'elles s'opposent et risquent de perdre ainsi toute activité. En réalité, la réponse est plus nuancée et la neutralisation des effets chronaximétriques nous paraît laisser subsister l'action vitaminique spécifique et de telles associations sont habituellement souhaitables en thérapeutique.

Conclusions. — Les antagonismes chronaximétriques permettent de classer les vitamines en deux groupes : celles qui neutralisent les effets chronaximétriques des vitamines A et B et celles qui neutralisent les effets chronaximétriques des vitamines C et D. Il ne s'agit pas ici d'un antagonisme total, car l'association de vitamines opposées ne les rend pas forcément thérapeutiquement inactives, et l'on est conduit à penser que leur neutralisation chronaxique réciproque peut permettre aux vitamines d'exercer plus efficacement leurs effets spécifiques en inhibant leurs effets non spécifiques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches préliminaires sur la culture en masse du virus de la fièvre aphteuse, inoculé au fœtus de Vache, entretenu en survie par perfusion aseptique.* Note de MM. **J. André Thomas, Louis Salomon** et Mme **Léone Salomon**, présentée par M. Robert Courrier.

La production de virus en quantité massive est nécessaire à la lutte biologique contre les viroses. Le virus de la fièvre aphteuse, comme pratiquement tous les virus, ne peut être obtenu que par l'infection des animaux sensibles ou la culture en présence de cellules vivantes. D'après l'opinion des spécialistes, la source de virus de la fièvre aphteuse doit être fournie par les animaux sujets à la maladie naturelle. Les vaccins préparés à partir de virus inoculés à des espèces spontanément réfractaires, mais expérimentalement affectées, ne sont pas satisfaisants par suite des adaptations que subissent les souches virulentes. Toutefois, l'utilisation des Mammifères réceptifs (principalement Bovins) est onéreuse; elle entraîne d'habitude leur sacrifice, pour une récolte limitée souvent à quelques dizaines de grammes d'aphtes, ou tout au moins une diminution notable de leur valeur économique. D'autre part, les nombreux travaux poursuivis sur la multiplication du virus de la fièvre aphteuse par différents procédés *in vitro*, et particulièrement en culture de tissus, n'ont pas donné jusqu'ici de résultats utilisables en pratique. Dans leurs importantes recherches récentes, M. E. F. Fogedby et E. Michelsen (1) et H. S. Frenkel (2) montrent les grandes difficultés auxquelles on se heurte. Ce dernier auteur, par culture sur l'épithélium de la langue de Bovins, parvient à obtenir un virus infectant à la dilution de 1/100000.

Le Ministère de l'Agriculture, sur l'initiative de M. le Chef des Services Vétérinaires P. Vignardoux et de M. le Directeur du Laboratoire des Recherches J.-P. Thiery, a bien voulu nous charger, il y a près de 2 ans, de la mission d'étudier les conditions de la culture massive, *in vitro*, du virus de la fièvre aphteuse. Nous avons pensé que les gros organes, entretenus en survie expérimentale prolongée par perfusion physiologique aseptique, selon les procédés de l'un de nous (3), pourraient peut-être permettre la culture massive de ce virus. Nous avons obtenu, de cette façon, la survie des fœtus de Bovins (4) et nous nous sommes servis de ceux-ci comme milieu vivant.

(1) *Bull. Office inter. Epizooties*, 27, 1947, p. 201-220.

(2) *Ibid.*, 28, 1947, p. 155-162.

(3) J. André Thomas, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1090-1092, et *J. Physiologie*, 40, 1948 (sous presse).

(4) J. André Thomas, Louis Salomon et Léone Salomon, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 966-968 et *J. Physiologie*, 40, 1948 (à paraître).

Ces recherches ont été difficiles et longues, car les conditions normalement favorables au fœtus et au virus sont quelque peu différentes : à l'agent de la fièvre aphteuse, d'ailleurs très sensible à de légères variations physicochimiques, convient un milieu légèrement alcalin et faiblement réducteur.

Le virus, de passage récent (types O et C, collection du Laboratoire des Recherches Vétérinaires), dilué à 1/20, filtré sur appareil Seitz, est inoculé par voie intradermique (2^{cm^3} par exemple) au fœtus en survie. Quelques foyers sont faits à la seringue, une grande surface de peau est infectée par tatouage et griffades avec l'*inoculateur* de l'un de nous. Après 30 à 48 heures de survie, la peau inoculée est prélevée et le virus qu'elle renferme injecté dans la muqueuse linguale de vaches, aux fins de titrage (lorsque cela est matériellement possible), par rapport au virus témoin.

Nos essais préliminaires portent sur 21 expériences de culture sur fœtus de 30 à 50^{cm}, et sur l'inoculation de 38 vaches.

Le milieu de perfusion (5 à 10 litres, pH 7,6, 36° C.) a été le plus souvent du sang de Vache adulte, défibriné, dilué à 50 % par le liquide tamponné de l'un de nous [3] [5], plus ou moins glucosé (jusqu'à 40 ‰), souvent enrichi de tryptophane, de cystéine, d'acide ascorbique, additionné soit de pyruvate de sodium, soit de *réductose* et de 100000 U de pénicilline. Quelques autres sources de protéines paraissent moins satisfaisantes que celles du sérum.

En dépit de certaines irrégularités et lors des primo-inoculations, le virus maintient sa virulence ou même l'accroît; il cultive non seulement dans les muqueuses de la région buccale, mais dans la peau du corps. Certaines de nos expériences montrent qu'il peut rester infectieux à la dilution de 1/1000000, ou devenir actif à celle de 1/500000, alors que le témoin l'est à 1/100000, enfin qu'il peut se multiplier 400 fois. Dans la peau de fœtus témoin isolé, non perfusé, le virus se conserve parfois ou disparaît. Dans nos essais, nous avons inoculé un peu moins de la moitié de la peau fœtale : nous avons récupéré, dans ces conditions, jusqu'à 141^g de peau virulente pour un seul fœtus, c'est-à-dire notablement plus qu'une vache ne fournit d'aphtes. Indiquons que les gros fœtus que nous avons perfusés sont susceptibles de donner quelques centaines de grammes de peau.

Il reste à mettre définitivement au point la composition du milieu de perfusion. Dès maintenant, nos recherches paraissent très encourageantes.

---

[5] J. André Thomas, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 148-150.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux* (III). Diméthyldithiohydantoïne : *influence de la méthylation et de l'iodométhylation au soufre*. Note (*) de MM. **René Hazard, Jean Cheymol** et Mlle **Klaudia Smarzewska** ([1]), présentée par M. Léon Binet.

L'étude des propriétés anticonvulsivantes vis-à-vis du choc cardiazolique d'un certain nombre de molécules isostères nous a conduits à retenir la diméthyldithiohydantoïne ⑦, comme possédant au plus haut degré l'action protectrice recherchée ([2]).

Afin de déterminer le degré de spécificité de cette molécule vis-à-vis du test choisi, nous nous sommes attachés à étudier un certain nombre de composés qui en dérivent directement par modification de l'encadrement du soufre ou par modification de la valence de cet élément. Le schéma suivant présente les composés étudiés, le principe de leur obtention et quelques-unes de leurs propriétés.

$(CH_3)^2C<$(NH CS / CS NH) ⑦ $\xrightarrow{NH_3}$ $(CH_3)^2C<$(NH CS / C(=NH) NH) ⑧ $\xrightarrow{ClH}$ $(CH_3)^2C<$(NH CS / CO NH) ⑨

⑦ $\xrightarrow{ICH_3,\ \text{éther}}$ $(CH_3)^2C<$(NH $CS<^{I}_{CH_3}$ / CS NH) ㉒ $\xrightarrow{CO_3NaH}$ $(CH_3)^2C<$(NH $CS-CH_3$ / CS N) ⑲ $\xrightarrow{ClH}$ $(CH_3)^2C<$(NH CO / CS NH) ⑩

㉒ $\xrightarrow{ClH}$ ⑩

⑦ $\xrightarrow{OHNa,\ ICH_3}$ $(CH_3)^2C<$(NH CS / C(—$S-CH_3$) N) ⑳ ; ⑳ $\xrightarrow{ClH}$ ⑦

⑳ $\xrightarrow{OHNa,\ ICH_3}$ $(CH_3)^2C<$(N $CS-CH_3$ / C(—$S-CH_3$) N) ㉑ $\xrightarrow{ClH}$ $(CH_3)^2C<$(NH CO / CO NH) ⑥

⑳ $\xrightarrow{ICH_3,\ \text{éther}}$ $(CH_3)^2C<$(NH $C=S<^{I}_{CH_3}$ / C(—$S-CH_3$) N) ㉓ $\xrightarrow{ClH}$ ⑥

Les propriétés des dithiohydantoïnes que ces transformations supposent n'ont pas encore été signalées. Tous ces corps dérivent les uns des autres par des réactions d'alcoylation directe, de fixation ou d'hydrolyse. Le comportement respectif des monothioéthers en 2 et 4 isomères de position et du dithioéther 2-4 est remarquable. Alors que le monothioéther 2 (composé ⑲) s'hydrolyse sous l'action des acides minéraux avec libération de mercaptan, le

(*) Séance du 21 juin 1948.

([1]) En collaboration avec M. Pierre Chabrier.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1850 et 2018.

thioéther 4 (composé ⑳) redonne le corps générateur ⑦ et le dithioéther 2-4 (composé ㉑) subit une hydrolyse totale conduisant à la diméthylhydantoïne ⑥.

Le tableau résume les propriétés physiques et les résultats pharmacologiques obtenus avec les différents composés nouveaux étudiés Les corps ⑥, ⑧, ⑨, et ⑩ portés sur le schéma ayant été étudiés dans les Notes précédentes n'y figurent pas.

Nos du corps.	Constitution.	Point fusion (°C).	Crise cardiazolique. Nombre d'animaux.	Protection (%).
7...	5-5 diméthyl, 2-4 dithiohydantoïne	142	61	100
19...	2 éther méthylique de la »	168	3	0
20...	4 éther méthylique de la »	138	3	0
21...	2-4 diéther diméthylique de la »	35	7	0
22...	4 iodométhylate de la »	185	7	60
23...	4 iodométhylate du 2 éther méthylique de la »	144	3	0
24...	5-5 diéthyl 2-4 dithiohydantoïne	151	5	100
25...	2 iodométhylate de la »	huileux	3	0

Action anticonvulsivante. — Alors qu'elle est de 100 % pour la diméthyldithiohydantoïne ⑦ donnée à des doses égales ou supérieures à 5 cg/kg, la méthylation portant sur les atomes de soufre, soit en 2 ⑲, soit en 4 ⑳, soit en 2 et 4 ㉑ ([3]), conduit à des corps inactifs.

L'iodométhylation sur le soufre placé en 2 ㉒ ramène l'efficacité de 100 à 60 % ; si cette opération chimique se conjugue avec une méthylation sur le soufre en 4 ㉓, l'action sédative disparaît complètement.

Dans la série voisine de la diéthyldithiohydantoïne ㉔, on constate un phénomène du même ordre, l'iodométhylation portant sur le soufre 2 ㉕, supprime la grande efficacité du corps initial et augmente même la sévérité des crises cardiazoliques.

En résumé, nos déterminations montrent, d'une part, que la diméthyldithiohydantoïne agit sous sa pseudo-forme (thiolique) vis-à-vis des réactions *in vitro* d'alcoylation, de fixation et d'hydrolyse. Les atomes d'hydrogène dans ce noyau hétérocyclique apparaissent doués d'une grande mobilité.

L'action anticonvulsivante vis-à-vis du choc cardiazolique de la diméthyldithiohydantoïne paraît spécifique dans sa série. Toute modification apportée dans l'hétérocycle, soit par substitution d'hydrogène, soit par modifications de la valence des atomes de soufre, conduit à des corps qui, bien que dérivant directement de la diméhyldithiohydantoïne, ne possèdent plus la propriété anticonvulsivante de ce composé.

([3]) A signaler l'attitude bizarre que prennent les animaux au cours de la crise cardiazolique après ㉑; ils restent parfois dressés, figés sur leurs pattes raides, dans des positions extravagantes.

MICROBIOLOGIE. — *La nécrose cutanée adrénalinique. Ses caractères et son mécanisme.* Note de M. **Albert Delaunay**, Mmes **Marcelle Delaunay** et **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'adrénaline en solution dans l'eau physiologique, injectée sous la peau des Mammifères, est capable de déterminer à certaines concentrations une nécrose tissulaire. Ce fait, déjà connu, est parfois observé accidentellement en Clinique chez les sujets traités par cette hormone. Il a fixé notre attention et, compte tenu de nos recherches antérieures sur les lésions tissulaires de nature allergique ([1]), nous avons même jugé nécessaire de lui consacrer toute une étude expérimentale. Cette étude, dans ses détails, fera l'objet d'un Mémoire ultérieur ([2]). Nous exposerons simplement ici nos principales observations.

Production locale de lésions nécrotiques par injections sous-cutanées d'adrénaline chez le Cobaye.

Nous avons employé l'adrénaline Clin (Sempa), en solution dans l'eau physiologique (pH 7,5). Diverses dilutions ont été préparées qui renfermaient par centimètre cube 1000$^{\mu g}$, 200$^{\mu g}$, 100$^{\mu g}$, 50$^{\mu g}$, 33$^{\mu g}$, 25$^{\mu g}$, 20$^{\mu g}$ et 10$^{\mu g}$ d'hormone. Ces diverses dilutions ont été injectées, *aussitôt après leur préparation*, sous la peau rasée de l'abdomen de cobayes bien portants, sous le volume de 0$^{cm^3}$,5. La réaction locale secondaire à ces injections a été observée à la fois macroscopiquement et au moyen de coupes histologiques pendant 12 jours. Voici nos résultats.

Des doses d'adrénaline de l'ordre de 500$^{\mu g}$, 100$^{\mu g}$, 50$^{\mu g}$ et 25$^{\mu g}$ ont produit dans le tissu cutané du Cobaye des nécroses nettes, visibles à l'œil nu. Avec les doses les plus fortes, la nécrose apparaissait au bout de 6 heures et atteignait en 24 heures une large surface du tégument. Il s'agissait d'une nécrose humide, violette, peu œdémateuse au début. L'œdème se formait secondairement mais il était souvent, au bout de 48 heures, considérable. Histologiquement, 24 heures après l'injection, le foyer nécrotique se trouvait entouré par une quantité énorme de polynucléaires. Plus tardivement, la nécrose humide se transformait en nécrose sèche, les polynucléaires disparaissaient et cédaient la place à une réaction macrophagique et fibroblastique également intense. Cette dernière rétrocédait à son tour lentement. Des doses d'adrénaline plus faibles, en général, n'ont pas déterminé de nécrose apparente macroscopiquement, mais sur coupes des tissus injectés (même avec la dose de 5$^{\mu g}$), on trouvait néanmoins d'importantes réactions tissulaires, en particulier monocytaires.

Mécanisme des lésions observées. — En principe, la nécrose cutanée adrénalinique peut avoir deux causes, ou bien elle traduit une nocivité particulière du produit pour les différents constituants du tissu conjonctif, ou bien elle n'est que la conséquence de troubles vasculaires déterminés par l'hormone.

1. Nous avons recherché en premier lieu si l'adrénaline, du moins à fortes doses, jouissait d'un pouvoir toxique direct à l'égard des cellules et des tissus.

a. Nous avons placé des polynucléaires de cobaye dans du sérum de cobaye renfermant

---

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 154; **226**, 1948, p. 133 et 1110.

([2]) A paraître dans la *Revue d'Immunologie*, 1948.

par centimètre cube 1000$^{\mu g}$ d'adrénaline. Dans ce milieu, les cellules observées pendant plusieurs heures ont conservé leur vitalité et toutes leurs propriétés (tactisme, phagocytose).

b. Nous avons pu faire des observations analogues avec des lymphocytes de cobaye isolés.

c. D'autre part, nous avons déposé, pendant 1 heure, dans une solution d'adrénaline en eau physiologique (1000 $\mu g/cm^3$) de petits fragments de rate de cobaye adulte ou de cœur embryonnaire de poulet, puis nous avons mis ces fragments en culture par la méthode de Carrel. Dans ces conditions, les fragments ont tous donné lieu à de belles cultures, absolument comparables aux témoins (culture de fragments simplement déposés au préalable dans de l'eau physiologique).

d. Enfin, nous avons pu nous assurer que l'adrénaline n'a aucun pouvoir collagénasique. Ainsi, toutes nos expériences concordent pour démontrer que cette hormone n'est pas directement toxique pour les tissus et que la nécrose cutanée adrénalinique résulte plutôt de diverses perturbations vasculaires, comme le pensaient déjà Leriche et Reilly.

2. Mais quelle est la nature exacte de ces perturbations? Nos recherches, qui seront développées ailleurs ([2]), nous permettent maintenant de mettre en cause à la fois des troubles vasomoteurs et des troubles de la perméabilité. Les premiers (expériences personnelles sur l'oreille du Lapin et le mésentère du Cobaye), entraînent la mort des tissus en réduisant, par une constriction artériolaire, la quantité de sang, donc d'oxygène, normalement fournie à ceux-ci. Les seconds ont le même effet en diminuant notablement, dans la région soumise à l'action hormonale, la perméabilité des capillaires aux liquides et aux cellules. En particulier, la diapédèse des polynucléaires peut se trouver complètement inhibée pendant les quelques heures qui suivent l'injection de fortes doses d'adrénaline.

Ainsi, la nécrose cutanée adrénalinique n'est pas due à une action toxique directe de l'hormone sur les tissus, mais elle résulte d'importantes perturbations du système circulatoire (troubles vaso-moteurs et diminution de la perméabilité). On peut donc expérimentalement reproduire avec l'adrénaline des lésions qui ont seulement pour cause des modifications vasculaires. Nous aurons prochainement l'occasion de revenir sur l'intérêt de cette observation, à propos de nos recherches sur les altérations cellulaires de nature allergique.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Sur une lactase extraite d'une souche d'*Escherichia coli mutabile. Note (*) de M. **Jacques Monod**, Mlle **Anne-Marie Torriani** et M. **Joël Gribetz** ([1]), présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que la forme lactose-positive (L^+) de la souche ML d'*Escherichia coli mutabile* est génétiquement stable, mais que l'attaque du lactose par ces bactéries est de caractère adaptatif ([2]). A partir de bactéries L^+ cultivées en lactose, nous avons pu obtenir un extrait enzymatique actif. Cet extrait a été partiellement purifié par centrifugation et précipitations fractionnées par le sulfate d'ammoniaque. Les techniques employées sont brièvement résumées ci-dessous :

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Avec la collaboration technique de M. Vuillet.

([2]) Monod et Audureau, *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 1868.

1° Broyage des bactéries par le sable, extraction par un tampon phosphate (M/10, pH 6,8).

2° Centrifugation de l'extrait pendant deux heures à 12500 tours.

3° Précipitation par le sulfate d'ammoniaque à 43 % de saturation. Précipité redissous dans un tampon de pH 6,8.

4° Deux précipitations à 33 % de saturation. Précipités repris par le même tampon.

5° Dialyse contre de l'eau distillée courante.

Pour mesurer l'activité de ces préparations, en présence de lactose, nous avons mis au point une méthode qui utilise la glucose oxydase du Penicillium (notatine), enzyme qui catalyse l'oxydation du glucose en acide gluconique + eau oxygénée, avec fixation d'une molécule d'oxygène. Les mesures sont faites manométriquement, dans l'appareil de Warburg, et en présence de catalase afin de détruire l'eau oxygénée formée. Une méthode semblable ayant été tout récemment décrite par Keilin et Hartree ([3]), il est inutile que nous en apportions la justification.

Les préparations catalysent l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose : le glucose est identifié par la réaction de la notatine qui est absolument spécifique. Le galactose a été identifié par son osazone caractéristique. Lorsque le substrat est suffisamment concentré (M/100 ou plus) l'intensité de la réaction est proportionnelle à la concentration de l'enzyme. L'activité étant définie comme le nombre de micromolécules de substrat hydrolysé en 1 heure à 28°, pH 6,8, par une quantité d'enzyme contenant 1^{mg} d'azote Kjeldahl, nos meilleures préparations présentaient une activité de 2000-2500.

Les préparations se montrent dépourvues de toute activité décelable en présence des substances suivantes : saccharose, mélibiose, cellobiose, maltose.

Les extraits de bactéries L^- ou de bactéries L^+ non adaptées (cultivées en glucose) sont dépourvus d'activité en présence de lactose. Les extraits de bactéries L^+ cultivées en galactose présentent une activité marquée, mais non ceux de bactéries L^- cultivées dans les mêmes conditions.

Le détail de nos observations, ainsi qu'une discussion des résultats, seront publiés ailleurs ([4]).

A $15^h 25^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

L.-B.

([3]) *Biochem. Jr.*, **42**, 1948, p. 230.

([4]) *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1948.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les systèmes orthonormaux complets et leurs généralisations dans l'espace hilbertien.* Note de M. **GASTON JULIA.**

Les propriétés signalées dans deux Notes précédentes [1] s'étendent à l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, de base ONC (e_k).

1. Déterminons d'abord dans $\mathcal{H}$ tous les systèmes infinis de vecteurs (A_k) pour lesquels

$$|X|^2 = \sum_{k=1}^{\infty} |(A_k, X)|^2, \tag{1}$$

quel que soit le vecteur X *de* $\mathcal{H}$. Nécessairement $\mathcal{H} = [A_1, A_2, \ldots]$, sans quoi un vecteur $\neq 0$, orthogonal à $[A_1, A_2, \ldots]$ mettrait (1) en défaut. L'opérateur BX, défini par $BX = \sum_{k=1}^{\infty} e_k(A_k, X)$, est linéaire, borné, *isométrique dans tout* $\mathcal{H}$. De plus $A_k = B^* e_k = A e_k$, en posant $A = B^*$. Ce type d'opérateur B est bien connu. On a $B^*B = 1$ et $BB^* = P_V$, c'est-à-dire $AA^* = 1$ et $A^*A = P_V$, où $V = \Delta_B$, domaine des valeurs de $B = A^*$, est $\mathcal{H}$ ou un sous-espace quelconque de $\mathcal{H}$; deux cas sont possibles :

1° Si $V = \mathcal{H}$, B est *unitaire*, ainsi que $A = B^*$ et (A_k) est un *système* ONC *de* $\mathcal{H}$. Ce cas se produit toujours *lorsque le système* (A_k) *admet un dual* et la démonstration donnée au n° 1 de la première des deux Notes précédentes [1] est identiquement valable ici.

2° Si $V \subset \mathcal{H}$, B est unitaire *à gauche*, $A = B^*$ est *nul sur* $\mathcal{H} \ominus V$ et *transforme isométriquement* V *en* $\mathcal{H}$. On a $AA^* = 1$ avec $A^*A = P_V$.

Soit $h = \mathcal{H} \ominus V$. Construisons, *orthogonalement à* $\mathcal{H}$, un espace hilbertien ou

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1485-1487; 227, 1948, p. 168-170.

unitaire h_1, de *même dimension que* h. Considérons un opérateur U_1, de $\mathcal{H}_1 = \mathcal{H} \oplus h_1$, qui transforme *isométriquement* h *en* h_1, qui prend les *mêmes valeurs que* A *dans* V, et qui *s'annule dans* h_1. U_1 transforme isométriquement $\mathcal{H}$ en $\mathcal{H}_1$ et V en $\mathcal{H}$. Il est clair aussi que, dans $\mathcal{H}_1$, on aura $U_1 P_V U_1^* = P_{\mathcal{H}}$, donc $U_1 P_V = P_{\mathcal{H}} U_1$. Or $A_k = Ae_k = AP_V e_k = U_1 P_V e_k = P_{\mathcal{H}} U_1 e_k$, et $U_1 e_k$ est un système ONC de $\mathcal{H}_1$. Le *système des* (A_k) *est donc la projection sur* $\mathcal{H}$ *d'un système* ONC de $\mathcal{H}_1$.

Réciproquement, si $\mathcal{H}_1$ est un espace hilbertien quelconque contenant $\mathcal{H}$, et (E_k) un système ONC quelconque de $\mathcal{H}_1$, on aura $(P_{\mathcal{H}} E_k, X) = (E_k, X)$ pour tout $X \in \mathcal{H}$; donc (1) est satisfaite dans tout $\mathcal{H}$. (1) *caractérise donc les projections sur* $\mathcal{H}$ *de tous les systèmes* ONC *de* $\mathcal{H}_1$ *contenant* $\mathcal{H}$. Pour $\mathcal{H}_1 = \mathcal{H}$ on a les systèmes ONC de $\mathcal{H}$ lui-même.

2. *Corrélativement*, on peut déterminer dans $\mathcal{H}$, lieu du point $X = \sum_{k=1}^{\infty} x_k e_k$, tous les systèmes (A_k) tels que : 1° $\sum_{k=1}^{\infty} A_k x_k$ *converge fortement dant tout* $\mathcal{H}$ et y définisse dès lors un opérateur linéaire borné $AX = \sum_{k=1}^{\infty} A_k x_k$; 2° on ait $|AX| = |X|$ *lorsque* X *décrit un sous-espace* $V \subseteq \mathcal{H}$, *et* $AX = 0$ *dans un sous-espace* V_0, *de façon que* $\mathcal{H} = V \dot{+} V_0$, c'est-à-dire que tout vecteur de $\mathcal{H}$ puisse se décomposer en la somme d'un vecteur de V et d'un vecteur de V_0; [ceci implique que V et V_0 ne sont pas *asymptotiques* l'un à l'autre]. Alors la décomposition $X = X_{V_0} + X_V$ est *unique*, car V et V_0 sont disjoints. L'hypothèse 2° donne alors $A^*A = 1$ *sur* V et $A^*A = 0$ *sur* V_0, c'est-à-dire $A^*A = P_0$ dans $\mathcal{H}$, P_0 désignant l'opérateur linéaire borné qui est la *projection, orthogonale ou oblique, sur* V *parallèlement à* V_0.

1° Si $V = \mathcal{H}$ (alors $V_0 = 0$), A est unitaire *à gauche* dans $\mathcal{H}$, les $A_k = Ae_k$ sont un système ON de $\mathcal{H}$, *qui peut être complet ou non*.

2° Si $V \subset \mathcal{H}$, la décomposition unique $X = X_{V_0} + X_V$ donne $AX = AX_V = AP_0X$; A *isométrique dans* V, *qu'il transforme dans le sous-espace* $V_1 = \Delta_A = [A_1, A_2, \ldots]$. Envisageons $h = \mathcal{H} \ominus V$ et construisons sur V_1 un espace $\mathcal{H}_1 = V_1 \oplus h_1$ où h_1, orthogonal à V_1, aura même dimension que h. Il existe un U_1, *identique à* A *dans* V, *transformant isométriquement* h *en* h_1, *donc* $\mathcal{H}$ *en* $\mathcal{H}_1$ ([2]). $A_k = AP_0 e_k = U_1 P_0 e_k$. Or, $V'_0 = U_1(V_0)$ est un sous-espace de $\mathcal{H}_1$, transformé isométrique de V_0; on aura, *dans* $\mathcal{H}_1$, $U_1 P_0 U_1^* = P'_0$, P'_0 étant la *projection sur* V_1 *parallèlement à* V'_0. Alors $A_k = P'_0 U_1 e_k$ et les A_k sont la *projection sur* $V_1 = [A_1, A_2, \ldots]$, *parallèlement à* V'_0, *du système* ONC$(U_1 e_k)$ de $\mathcal{H}_1$.

([2]) Si $\mathcal{H} \ominus V_1$ a moins de dimensions que $\mathcal{H} \ominus V$, $\mathcal{H}_1$ contient $\mathcal{H}$.
Si $\mathcal{H} \ominus V_1$ a au moins autant de dimensions que $\mathcal{H} \ominus V$, $\mathcal{H}_1$ est contenu dans $\mathcal{H}$.

La réciproque est vraie. Si $A_k = P'_0 e'_k$, (e'_k) étant un système ONC quelconque de $\mathcal{H}_1$, et P'_0 la projection, orthogonale ou oblique, sur V_1 parallèlement à V'_0, $(\mathcal{H}_1 = V_1 \dot{+} V'_0)$, on aura, pour tout $X = \Sigma x_k e'_k$ de $\mathcal{H}_1$, $\Sigma A_k x_k = P'_0 \Sigma x_k e'_k = P'_0 X$, d'où $P'_0 X = X$ si $X \in V_1$, donc $|\Sigma A_k x_k| = |X|$ dans V_1. Une transformation isométrique U_1 de $\mathcal{H}_1$ en $\mathcal{H}(e'_k = U_1 e_k)$, de V_1 en V $[V_1 = U_1(V)]$, de V'_0 en V_0, conservera la propriété précédente; pour tout $X = \Sigma x_k e_k$ de V on aura

$$(2)\qquad |\Sigma A_k x_k|^2 = |X|^2 = \Sigma |x_k|^2.$$

3. Soit enfin à déterminer dans $\mathcal{H}$ tous les systèmes (A_k) tels que, *pour tout* X *de* $\mathcal{H}$, la série $\Sigma(A_k, X)A_k$ *converge fortement et donne*

$$(3)\qquad X = \sum_{k=1}^{\infty} (A_k, X) A_k.$$

Évidemment $\mathcal{H} = [A_1, A_2, \ldots]$. La convergence forte de la série (3) exige la convergence de $\Sigma |(A_k, X)|^2$ pour tout $X \in \mathcal{H}$. Lorsque ceci a lieu, on a

$$\sum_{k=1}^{\infty} |(A_k, Z)|^2 \leq M,$$

pour tout Z de $|Z| = 1$, (théorème d'Osgood généralisé). Puis X étant fixé, quelconque, et N pris tel que $\sum_{N}^{\infty} |(A_n, X)|^2 < \varepsilon$, on aura, pour tout $p > 0$, pour $n \geq N(\varepsilon)$, *et uniformément sur* $|Z| = 1$

$$\left|\left(\sum_{n}^{n+p} (A_k, X) A_k, Z\right)\right|^2 = \left|\sum_{n}^{n+p} (\overline{A_k, X})(A_k, Z)\right|^2 \leq \sum_{n}^{n+p} |(A_k, X)|^2 \sum_{n}^{n+p} |(A_k, Z)|^2 < \varepsilon M.$$

Ceci montre, par un théorème établi antérieurement ([3]), que $\Sigma(A_k, X)A_k$ converge fortement au point X considéré.

Alors l'opérateur AX défini, pour tout $X = \sum_{k=1}^{\infty} x_k e_k$, par $AX = \sum_{k=1}^{\infty} x_k A_k$ est un opérateur linéaire *borné*, dont l'adjoint est $A^* X = \sum_{k=1}^{\infty} (A_k, X) e_k$. Il en résulte que $TX = \sum_{k=1}^{\infty} (A_k, X) A_k$ définit un opérateur linéaire borné qui n'est autre que $T = AA^*$. Pour que (3) soit réalisée pour tout $X \in \mathcal{H}$, il faut et il suffit que $T = AA^* = 1$ dans $\mathcal{H}$. Ceci exige que A^* soit identique à un opérateur U isométrique *dans tout* $\mathcal{H}$, c'est-à-dire tel que $U^* U = 1$, et nous ramène au n° 1. Deux cas sont possibles, comme au n° 1 :

([3]) *Voir* JULIA, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 376-380 et *Universidad Nacional del Litoral, Rosario*, 6, 1945. *Sur les convergences faible et forte dans l'espace d'Hilbert*, n° 7.

1° Si $V = \Delta_{A^*} = \mathcal{H}$, A et A* sont *unitaires* dans $\mathcal{H}$ et le système des $A_k = A e_k$ est un *système* ONC *de* $\mathcal{H}$;

2° si $V = \Delta_{A^*} \subset \mathcal{H}$, on aura en raisonnant comme au 2° du n° 1, $A^*A = P_V$, puis $A = U_1 P_V = P_{\mathcal{H}} U_1$, U_1 isométrique dans $\mathcal{H}_1$, et $A_k = P_{\mathcal{H}} U_1 e_k$. Les A_k sont, comme au n° 1 (2°) les *projections sur* $\mathcal{H}$ *d'une base* ONC($E_k = U_1 e_k$) *de l'espace* $\mathcal{H}_1$ *qui contient* $\mathcal{H}$.

La réciproque est évidente, car $A_k = P_{\mathcal{H}} E_k$ donne $(A_k, X) = (E_k, X)$ pour tout $X \in \mathcal{H}$ et $\Sigma(A_k, X) A_k = P_{\mathcal{H}} \Sigma(E_k, X) E_k = P_{\mathcal{H}} X = X$.

On voit d'ailleurs, par (3), que $(X, X) = (X, TX)$ pour tout $X \in \mathcal{H}$, ce qui montre que les problèmes étudiés aux n°s 1 et 3 se ramènent l'un à l'autre.

4. La condition $A^*A = P_V$, que doit vérifier A, équivaut à dire que la matrice de Gram $\|(A_i, A_k)\|$, qui est celle de A^*A relative à la base (e_k) de $\mathcal{H}$, doit avoir un *spectre simple composé des seules valeurs propres* 0 *et* 1.

Réciproquement, si cette condition est vérifiée, on a $A^*A = P_V$ ou $|AX| = |P_V X|$ pour tout X. Donc A s'annule sur $\mathcal{H} \ominus V$, est isométrique dans V, et $\Delta_{A^*} = V$. Puisque $\mathcal{H} = [A_1, A_2, \ldots]$, on aura $\Delta_A = \mathcal{H}$. Un tel A est bien connu, c'est un *unitaire à droite*, et l'on a $AA^* = 1$, avec $A^*A = P_V$, ce qui ramène au n° 3.

ASTRONOMIE. — *Sur un nouveau type d'astrolabe impersonnel.*
Note de M. **André Danjon.**

L'astrolabe à prisme, instrument fort remarquable quant à son principe, présente, sous sa forme usuelle, deux défauts souvent signalés.

1° Les pupilles d'entrée des faisceaux correspondant aux deux images ne coïncident pas. En conséquence, tout changement de la mise au point, tout changement de l'accommodation, ont les mêmes effets qu'une variation de l'angle du prisme. On ne bénéficie donc qu'incomplètement de la constance de cet angle, propriété essentielle de l'instrument.

2° Le mode d'emploi préconisé par les inventeurs, et qui consiste à noter l'instant de la conjonction des deux images, se prête mal à l'élimination des erreurs d'observation. D'une part, ce mode n'est pas impersonnel. Chaque observateur peut, il est vrai, déterminer son équation personnelle, mais au prix de sérieuses complications, avec des résultats aléatoires. D'autre part, chaque passage ne donne lieu qu'à une seule détermination de temps. Pour obtenir 100 inscriptions de temps en vue de la détermination d'une correction de pendule (ce nombre est largement dépassé dans les observations méridiennes), il faudrait observer 100 étoiles. En supposant que l'on s'en tienne aux étoiles fondamentales, ce qui paraît indispensable pour une détermination de haute précision, il faudrait poursuivre les opérations pendant plus de 4 heures, sous nos latitudes, et se livrer à des calculs de réduction fastidieux.

Divers dispositifs ont été imaginés en vue de porter remède à chacun de ces

deux inconvénients *séparément*. Je me suis proposé de les éliminer *simultanément*, grâce au mode d'observation que je vais décrire.

Un prisme biréfringent, dont le plan de section principale est vertical, est placé sur le trajet des faisceaux lumineux, au voisinage du foyer principal de l'objectif. Son angle de dédoublement est choisi de telle sorte que, si l'on regarde l'objectif à travers ce biréfringent, l'œil étant situé près du foyer, on voit superposées deux images des pupilles d'entrée, polarisées à angle droit. La coïncidence des images stellaires correspondantes cesse alors d'être influencée (au premier ordre) par les fluctuations de l'accommodation ou les changements de la mise au point. Pour mettre l'observateur à l'abri d'une confusion, les deux autres images stellaires sont éliminées comme on le dira plus loin.

Lorsqu'une étoile traverse le champ de la lunette, l'observateur peut mettre ses deux images en coïncidence, ou, plus exactement, en conjonction sur une ligne horizontale, en plaçant la face d'entrée du prisme biréfringent à une distance convenable du foyer. Cela fait, il pourra conserver la coïncidence en donnant au prisme biréfringent un mouvement de translation sensiblement uniforme, parallèlement à l'axe optique de la lunette. Le contrôle visuel de la coïncidence est très aisé et ne demande pas un long apprentissage, pourvu que l'on fasse usage d'un grossissement suffisamment élevé.

Le prisme biréfringent est entraîné par un chariot mû par une vis micrométrique dont la tête porte une roue de contacts. Un différentiel permet de corriger à la main le mouvement communiqué à la vis par un moteur à vitesse réglable. On enregistre automatiquement un certain nombre de contacts. La moyenne des temps inscrits donne le temps du passage de l'étoile à une distance zénithale bien déterminée, pourvu que la distance de la face d'entrée du prisme au foyer principal, lors de la fermeture (ou de l'ouverture) de chacun des contacts, reste invariable pendant toute la séance d'observation. A cet égard, la fidélité de l'instrument peut être contrôlée grâce à des pointés d'autocollimation sur l'image d'un fil horizontal (virtuel, cela va de soi), situé dans le plan focal, la face arrière du prisme équilatéral servant ici de miroir plan. On déplace le prisme biréfringent de manière à faire coïncider les deux images réfléchies et polarisées du fil, et on lit le tambour gradué de la vis micrométrique. Soit v_0 cette lecture, et soit v_m celle qui correspond à la moyenne des contacts enregistrés. Il suffit de s'assurer que la différence $v_0 - v_m$ reste constante au cours de la séance. Si elle variait, il serait facile de tenir compte de ses variations dans les calculs de réduction. Sous cette réserve, il n'y a pas lieu d'apporter de corrections instrumentales aux temps observés, ils peuvent être utilisés tels quels. On remarquera qu'ils sont obtenus par un mode d'enregistrement impersonnel.

Le prisme biréfringent est un prisme de Wollaston double et symétrique en quartz. Ce choix est dicté par la condition que les deux champs polarisés de ce

prisme soient géométriquement normaux, la présence du biréfringent ne devant introduire ni aberrations, ni distorsion. Le prisme est suivi d'un véhicule de grandissement 3, qui fournit une image réelle de l'objectif. Cette image est dédoublée, et deux volets en suppriment les parties inutilisées, éliminant ainsi les images stellaires parasites. Dans le plan conjugué du plan focal de l'objectif par rapport au véhicule, est disposé un fil fixe horizontal sur lequel on met au point l'oculaire destiné à l'observation des étoiles. Ce fil servant aussi aux pointés par autocollimation, on l'observe alors avec l'oculaire autocollimateur à fond noir que j'ai décrit ailleurs.

Le micromètre impersonnel qui vient d'être sommairement décrit a été d'abord adapté à un astrolabe Jobin de grand modèle. Sous cette forme improvisée, il a été essayé à l'Observatoire de Haute-Provence, au cours du mois d'octobre 1947. Plusieurs séries d'observations, portant chacune sur 18 étoiles en moyenne, ont été obtenues. Les coordonnées trouvées pour le pilier de l'instrument s'accordent à $0^s,01$ en longitude, et à $0'',2$ en latitude, avec celles que M. Duhamel, ingénieur géographe, a obtenues en employant un théodolite de Wild du type T4, muni d'un micromètre impersonnel et d'un niveau de Talcott pour l'application de la méthode des hauteurs égales, et qui appartient à l'Institut Géographique National. Ces premiers résultats ayant paru suffisamment probants, j'ai mis en construction un instrument définitif, spécialement conçu pour l'application du mode d'observation exposé ci-dessus, soit à poste fixe, dans un observatoire permanent, pour la détermination du temps et l'étude de la variation des latitudes, soit en campagne, pour des opérations géodésiques.

BOTANIQUE. — *Les* Cedrela'*s des rues de Paris et l'irrégularité de leur floraison.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Le *Cedrela sinensis* A. Jussieu ou *Toona sinensis* Rœm. est un des plus beaux arbres de Chine introduit chez nous; il est répandu sur les avenues et boulevards de Paris; il y fleurit certaines années, au mois de juin, en laissant pendre des panicules de fleurs blanches et odorantes, visitées par les abeilles et de nombreux autres insectes, longues, parfois de 50^{cm} et donnant à l'automne de petites capsules déhiscentes d'où sortent de nombreuses graines ailées qui germent au printemps sur les terrains vagues de notre ville.

L'arbre provient du Sud-Est et du Centre de la Chine. C'est une Méliacée; cette espèce est proche parente des arbres qui fournissent les plus beaux *acajous* d'Amérique tropicale et d'Afrique. Bien qu'originaire de régions de la Chine où existent des étés très chauds, le *Cedrela* s'est assez vite acclimaté chez nous et il a supporté les plus durs hivers sans souffrir. Il fut introduit à Paris en 1862 par Eug. Simon. L'unique plant d'où sont sortis tous les exemplaires cultivés en France fut semé dans un terrain annexe du Jardin des Plantes, rue Poliveau, et y vit toujours, bien qu'il soit demeuré chétif. A l'origine, on le multiplia de

boutures de racines (Carrière). Il fleurit au Muséum pour la première fois en 1875 à l'âge de 12 ans et l'on put à partir de ce moment le multiplier de graines. Le premier plant introduit était sans doute homozygote car tous les plants qui vivent chez nous sont semblables et ne diffèrent que par la charpente de l'arbre. J'ai nommé cette forme bien fixée var *Incarvillei* Chev. (1944). Dans les Herbiers il existe d'autres variétés provenant de Chine. En 1891, divers exemplaires plantés dans Paris fleurissaient déjà et donnaient des graines. On a commencé à en planter en grand dans Paris à partir de 1895 et l'espèce n'a commencé à se répandre sur nos boulevards que vers 1905 ou 1910, quand on l'a substituée au *Vernis* du Japon (*Ailanthus glandulosa*) qui commençait à décliner.

Le *Cedrela* existe aujourd'hui le long des boulevards et dans les parcs de Paris à des dizaines de milliers d'exemplaires dont la plupart âgés de 20 à 30 ans. Dans les journées historiques de la révolte contre les Allemands du 15 au 23 août 1944 on en coupa quelques dizaines d'exemplaires pour faire des barricades, notamment dans le quartier du Jardin des plantes. Ces plants n'ont pas repoussé du pied bien que l'on constate souvent au pied des arbres vivants, sous les grilles, de jeunes brins garnis de petites feuilles réduites qui ne sont pas des semis, mais des rejets issus de drageons.

J'ai commencé à m'intéresser à ces arbres à partir de 1935 et je les suis depuis cette date. Au début de mes observations très peu de *Cedrelas* fleurissaient sur les boulevards et l'on ne voyait de grappes en fleurs en juin que de loin en loin et sur quelques branches seulement, toujours celles tournées vers la lumière. Par contre l'exemplaire de la rue Poliveau, âgé alors de près de 80 ans, fleurissait presque tous les ans, ainsi qu'un fort et bel individu, âgé de 50 ans environ planté dans le Jardin des Plantes près de la Galerie de Botanique qui se couvre fréquemment d'inflorescences nombreuses. Toutefois il y a dix ans j'avais déjà constaté que même ces deux exemplaires ne fleurissaient pas tous les ans. Ils présentent le phénomène d'alternat. Ainsi, en 1943, à ma connaissance, aucun *Cedrela* n'a fleuri à Paris, pas même les exemplaires du Muséum. En 1944, ils fleurirent et il y eut des floraisons assez nombreuses sur les boulevards; l'année suivante de nombreuses germinations spontanées existaient autour des arbres ou dans les squares; en 1945 et 1946 quelques floraisons eurent lieu çà et là mais elles n'étaient pas très nombreuses; 1947 fut une année de floraison abondante; une bonne partie des arbres des boulevards âgés de 20 ans au moins avaient, surtout sur les branches tournées vers la rue et près des carrefours, c'est-à-dire ensoleillés au long de la journée, de nombreuses panicules. En 1948, par contre, je n'ai pas vu une seule floraison, ni sur les vieux exemplaires du Muséum, ni sur aucun boulevard de mon quartier. Pour m'assurer si le fait était général, j'ai prié M. Toussaint, conservateur en chef des Parcs et Jardins de Paris de faire une enquête à ce sujet. Il m'écrit qu'effectivement aucun *Cedrela* n'a fleuri cette

année dans Paris. Un seul arbre, d'après son enquête, a fait exception, c'est celui qui se trouve dans le square Paul Painlevé à droite de la statue de Montaigne. Il portait du reste seulement deux panicules florales sur une branche située du côté de la rue de la Sorbonne.

La non-floraison, certaines années, des arbres de nos forêts est bien connue. Notre confrère M. Guinier m'informe que le fait est classique notamment pour le Hêtre. Les faînées ne s'observent que tous les 4 à 6 ans. Il y a même des années où il ne se montre aucune fleur sur les Hêtres et les Chênes. La floraison dépendrait de certaines conditions climatiques de l'année précédente et aussi de l'absence de réserves de glucides et de substances minérales, notamment d'aluminium, dans l'arbre épuisé par une abondante fructification précédente (A. Hartig et Gaumann).

Dans une Note publiée en 1944 (1), j'ai montré, me référant aux travaux de Hickel, de Chouard et de Chadefaud, que des facteurs hormonaux intervenaient aussi pour provoquer la floraison. Quand l'arbre est parvenu à l'âge de maturité sexuelle vraie, si l'année qui précède l'année de floraison a réalisé des conditions favorables (printemps chaud et humide), la floraison aura lieu l'année suivante, mais il s'écoulera de longs mois avant le déblocage de l'hormone de floraison. Les conditions écologiques de l'hiver seraient sans importance à moins que les bourgeons à fleurs ne soient gelés. Mais les gelées de l'hiver 1947-1948 n'ont pas été rigoureuses. Ce n'est pas non plus la fatigue des arbres et l'absence de réserves d'aliments qu'il faut incriminer, puisque malgré les floraisons et fructifications copieuses de 1947, il existait cependant sur les boulevards un assez grand nombre d'exemplaires en état de nubilité sexuelle et qui n'avaient cependant pas encore fleuri, ni fructifié. Ils n'avaient donc pas de réserves à reconstituer.

Nous pensons que l'action des phytohormones agissant dès le printemps de l'année précédente est évidente, et c'est sans doute parce que le printemps de 1947 fut froid et humide, peu ensoleillé, que ces phytohormones de floraison n'ont pas pris naissance. Cette espèce, bien qu'acclimatée chez nous et très résistante aux froids hivernaux, est encore dépaysée et ne s'est pas encore adaptée à nos rythmes saisonniers; les printemps chauds et lumineux ne sont pas fréquents et la phytosynthèse du carbone est déficiente.

C'est sans doute la principale raison pour laquelle le *Cedrela sinensis* fleurit et fructifie irrégulièrement chez nous, alors que l'Ailante provenant des mêmes régions, mais introduit et répandu chez nous depuis au moins 250 ans, donne presque chaque année des graines fertiles nombreuses, qui se réensemencent abondamment dans les jardins et sur les lieux vagues de Paris. Contrairement

(1) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 227-229.

au *Cedrela* il est parfaitement acclimaté dans la région parisienne. Le problème de l'acclimatement tant pour les plantes que pour les animaux et même pour l'homme pose encore beaucoup de problèmes à résoudre.

CYTOLOGIE. — *Étude au microscope de phase, à l'état vivant, des cellules alvéolaires du poumon de Mammifère.* Note de M. **Albert Policard.**

De très petits fragments de parenchyme pulmonaire de Rat (zone périphérique, plèvre exclue) sont rapidement dissociés dans du liquide de Tyrode et examinés au microscope de phase (type Cooke, de York). Les constatations suivantes ont pu être faites en ce qui concerne les cellules du revêtement alvéolaire.

Les noyaux de ces éléments, de 6 à 8 μ, sphériques avec une face plus aplatie, montrent une limite périphérique nette, un gros nucléole homogène (rarement deux), plus réfringent que le suc nucléaire ambiant (dimensions 1 à 1,5 μ) et un contenu nucléaire homogène, offrant seulement quelques rares masses plus ou moins étoilées ou filamenteuses, assez peu réfringentes, isolées les unes des autres et semblant représenter les éléments chromatiniens.

Dans le cytoplasma des plus petites cellules (8 à 12 μ) se trouvent de très nombreuses granulations très réfringentes, de forme sphérique ou polyédrique. Leurs dimensions très régulières sont de 0,3 à 0,5 μ environ. Ces granulations se montrent spécialement nombreuses en certains points où elles forment des amas. Dans la plupart des cellules les plus petites, un tel amas se trouve plaqué contre la face plane ou excavée du noyau. Dans les cellules alvéolaires fusiformes, on peut constater deux amas granuleux opposés. Par contre, dans les cellules alvéolaires plus grandes (plus de 12 μ), les granulations sont dispersées dans tous le protoplasma d'une façon à peu près régulière; elles sont isolées et paraissent relativement moins nombreuses.

Aucune cellule ne montre moins d'une soixantaine de granulations sur une coupe optique.

Ces granulations apparaissent toujours beaucoup plus réfringentes que le cytoplasma environnant. En aucun point, on ne constate de vacuoles c'est-à-dire d'enclaves de même forme mais à contenu moins réfringent que le milieu ambiant.

Entre les granulations se trouve un cytoplasma fondamental homogène dans lequel on n'a pu constater d'autres enclaves, en particulier pas de mitochondries filamenteuses. Il faut remarquer que l'accumulation de granulations réfringentes n'est pas favorable à leur détection. Cependant, dans les grandes cellules sans granulations en amas, aucune mitochondrie n'a pu être décelée.

A la périphérie des cellules, la limite est marquée par une ligne très fine, mais très nette dans les petites cellules, beaucoup moins dans les grandes.

Autant qu'il est possible d'en juger dans des préparations d'un tissu aussi

difficile à dissocier que le parenchyme pulmonaire, les cellules septales ne paraissent pas différer des cellules alvéolaires. Les cellules endothéliales au contraire ne montrent pas de granulations. Il en est de même des cellules du revêtement bronchiolaire.

Ces observations au microscope à contraste de phase sur des cellules vivantes, n'ayant subi aucun traitement par des réactifs coagulants, tendent à confirmer la notion soutenue depuis longtemps par maints histologistes que les cellules alvéolaires du poumon des Mammifères renferment des granulations. La nature exacte de celles-ci reste à préciser.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Augustin Boutaric. *Pierre Lecomte du Noüy.*

2° *Homenaje al Profesor Pedro Belou en el 28° año de su ejercicio docente en la catedra universitaria* (Buenos Aires).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'invariance des équations de la Mécanique dans un changement du système de référence.* Note de M. Jean Mandel, présentée par M. Jean Chazy.

La question posée est la suivante. On considère un système matériel Σ et deux systèmes de référence S_1 et S_2. Une même proposition de Mécanique peut être appliquée, soit dans le mouvement de Σ par rapport à S_1 (mouvement 1), soit dans le mouvement de Σ par rapport à S_2 (mouvement 2); il doit être entendu que dans les deux cas on utilise les mêmes variables pour définir la position de Σ. Dans ces conditions obtient-on dans les deux cas les mêmes équations?

Par exemple, si le système matériel Σ dépend d'un nombre fini n de paramètres q, les variables devront être dans les deux cas les mêmes paramètres q. Formons les n équations d'Appell (ou de Lagrange) dans le mouvement 1, puis les n équations d'Appell (ou de Lagrange) dans le mouvement 2. L'équation relative au paramètre q_i dans le second système est évidemment une combinaison des équations du premier système. Mais il n'est pas évident qu'elle coïncide avec l'équation relative au même paramètre q_i dans le premier système. On peut établir ici que la coïncidence a lieu, en observant que, dans l'énergie d'accélération, la partie homogène du second degré par rapport aux dérivées secondes q'' des paramètres, ou, dans la force vive, la partie homogène du second degré par rapport aux dérivées premières q', sont invariantes. Alors

les termes en q'' dans les équations relatives à un même paramètre et aux mouvements 1 et 2 coïncident, et ceci entraîne la coïncidence des équations.

Le principe des travaux virtuels, dont on peut faire dériver toutes les propositions de la Mécanique, fournit une réponse générale à la question posée. Il s'écrit

$$\sum (m\overline{\gamma} - \overline{F})\,\overline{\delta M} = 0,$$

M désignant le centre d'un élément matériel de masse m, $\overline{\delta M}$ le déplacement virtuel de M, $\overline{F}$ la force appliquée à l'élément M, $\overline{\gamma}$ l'accélération de M (force et accélération relatives aux axes choisis). Comme la différence $m\overline{\gamma} - \overline{F}$ est invariante dans un changement d'axes, une équation fournie par le principe des travaux virtuels sera elle-même invariante, si le déplacement virtuel correspondant $\overline{\delta M}$ est invariant, c'est-à-dire est le même dans S_1 et dans S_2.

En conséquence une équation d'Appell, ou de Lagrange pour un système holonome, relative à un paramètre q_i est invariante. Car on obtient cette équation en appliquant le principe des travaux virtuels au déplacement $\overline{\delta M} = (\partial\overline{M}/\partial q_i)\delta q_i$ correspondant à la variation du seul paramètre q_i; cette variation, effectuée à t constant, ne fait pas intervenir le mouvement des axes, de sorte que le déplacement virtuel est le même dans S_1 et dans S_2.

De même, les théorèmes de la quantité de mouvement ou du moment cinétique appliqués en projection sur une droite Δ invariante, la même dans le mouvement 1 et dans le mouvement 2, fournissent des équations invariantes : le déplacement virtuel à considérer étant une translation parallèle à Δ, ou une rotation autour de Δ, donc un déplacement invariant.

Le théorème de la force vive, au contraire, ne donne pas une équation invariante, car on obtient ce théorème en prenant pour déplacement virtuel le déplacement réel $\overline{v}\,\delta t$. Or, la vitesse $\overline{v}$ dépend du système de référence utilisé.

Mais, pour les systèmes à liaisons holonomes dépendant d'un nombre fini de paramètres, la relation de Painlevé donne une équation invariante, puisqu'elle est une combinaison linéaire invariante des équations de Lagrange. On obtient d'ailleurs cette relation en prenant comme déplacement virtuel, non pas le déplacement réel

$$\overline{v}\,\delta t = \sum_i \frac{\partial\overline{M}}{\partial q_i}\delta q_i + \frac{\partial\overline{M}}{\partial t}\delta t, \qquad \text{avec} \quad \delta q_i = q'_i\,\delta t,$$

qui n'est pas invariant parce que $\partial\overline{M}/\partial t$ ne l'est pas, mais le déplacement compatible avec les liaisons à t constant, donc invariant

$$\overline{\delta M} = \sum_i \frac{\partial\overline{M}}{\partial q_i}\delta q_i.$$

Ces deux déplacements peuvent coïncider dans un système de référence S_1 par

rapport auquel les liaisons sont indépendantes du temps; dans ce cas, l'équation de Painlevé et l'équation des forces vives coïncident dans le mouvement 1. Mais la coïncidence des deux déplacements, et par suite la coïncidence des deux équations, n'ont plus lieu dans le mouvement 2; seule la relation de Painlevé est invariante.

HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Probabilités d'existence des régimes et corrections.* Note (*) de M. **Louis A. Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une précédente Note [1] nous avons publié une étude statistique de la transition entre les régimes laminaire et turbulent dans un tube, en faisant appel aux probabilités d'existence des régimes participant au phénomène.

Nous allons à présent justifier cette notion de probabilités, à l'aide d'hypothèses simples sur la nature physique de l'écoulement non permanent, pour établir les lois linéaires qui lient les grandeurs moyennes, mesurables, aux grandeurs instantanées, variables en fonction du temps.

Hypothèses sur l'alternance des régimes et les probabilités d'existence. — Le changement de régime s'effectue dans une canalisation lisse, alimentée par un réservoir de charge, et débitant en jet libre (dispositif de Reynolds). Le tube, relativement court, mesure cependant plusieurs fois la longueur du *parcours d'entrée* : ainsi l'on pourra réaliser et observer aisément les oscillations du jet au cours du passage classique d'un régime à l'autre.

Des mesures quantitatives avaient montré, antérieurement, que les régimes alternants limites, correspondant aux portées extrêmes du jet oscillant, sont du type laminaire ou turbulent nettement établi (la vitesse de débit moyenne U est encadrée par les vitesses de débit instantanées U_L et U_T).

L'expérience montre de plus, qualitativement, par le mouvement saccadé du jet libre, que la portée de ce dernier oscille alternativement entre deux limites extrêmes et fixes, en s'y stabilisant temporairement, au hasard des alternances, mais sans jamais s'immobiliser à une position intermédiaire.

Nous pouvons donc admettre, en première approximation, que les régimes participants se succèdent brutalement l'un à l'autre, avec des durées irrégulières certes, mais de nature laminaire ou turbulente seulement, ce qui revient à assimiler le régime du moment au régime extrême qui le limite.

Dès lors, pour une durée de mesure t comprenant un grand nombre d'alternances de durée Δt, nous pouvons attribuer aux régimes alternants (laminaire et turbulent) les probabilités d'existence x et $1-x$, nombres complémentaires intervenant dans le calcul des moyennes de toutes les grandeurs variables : les

---

(*) Séance du 12 juillet 1948.

(1) L. A. Sackmann, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1887.

vitesses et les pressions. Nous aurons ainsi les deux équations :

$$(1)\qquad U = \frac{1}{t}\left[\sum U_L.\Delta t + \sum U_T.\Delta t\right] = x.U_L + (1-x)\,U_T,$$

$$(2)\qquad \frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{1}{t}\left[\sum\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_L.\Delta t + \sum\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_T.\Delta t\right] = x\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_L + (1-x)\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_T.$$

Or la perte de charge linéaire $\Delta p/\Delta l$ se déduit de la perte de charge totale ΔP par l'intervention de la correction de force vive $\Delta p'$:

$$(3)\qquad \frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{\Delta P}{\Delta l} - \frac{\Delta p'}{\Delta l}\quad \text{avec}\quad \Delta p' = k.\frac{\rho U^2}{2}.$$

Le coefficient k a des valeurs différentes k_L et k_T en régime laminaire et en régime turbulent; celles-ci sont donc valables, définitivement à l'extérieur de la transition, et d'une manière intermittente à l'intérieur selon la nature du régime du moment; nous calculerons la valeur moyenne de k, fonction de x.

Calcul de la correction moyenne en force vive. — Sa valeur moyenne sera

$$(4)\qquad \Delta p' = \frac{1}{t}\left[\Sigma\,\Delta p'_L\,\Delta t + \Sigma\,\Delta p'_T\,\Delta t\right] = x\,\Delta p'_L + (1-x)\,\Delta p'_T.$$

D'où l'identité suivante, en tenant compte de l'équation (3)

$$(5)\qquad k\frac{\rho U^2}{2} = x k_L\frac{\rho U_L^2}{2} + (1-x)k_T\frac{\rho U_T^2}{2}.$$

Ce qui donne l'expression, provisoire, du coefficient k

$$(6)\qquad k = \frac{x k_L U_L^2 + (1-x)k_T U_T^2}{U^2}.$$

Introduisons la variable auxiliaire de l'écart des vitesses $U_L - U_T = \Delta U$. L'expression (6) deviendra, après une transformation facile, à l'aide de (1)

$$(7)\qquad k = [x k_L + (1-x)k_T] + \varepsilon,$$

$$(7')\qquad \varepsilon = x(1-x)\left\{2\frac{\Delta U}{U}[k_L - k_T] + \left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2[(1-x)k_L + x k_T]\right\}.$$

L'expression du coefficient k est linéaire, au terme correctif ε près, dont le maximum ne représente que quelques % du terme principal.

Conclusions. — Il s'agit de déterminer les probabilités d'existence.

Nous pouvons d'abord déduire les valeurs de x *indirectement*, par le calcul, à partir des données expérimentales du phénomène moyen. Tel était l'objet de la précédente Note ([1]), fournissant du reste le nombre de Reynolds critique.

Nous pouvons ensuite chercher à les trouver *directement*, par des mesures, à partir de l'enregistrement du phénomène. Tel sera l'objet de travaux futurs.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Un projectile issu d'un astre peut-il devenir le satellite de cet astre?* Note de M. **Constantin Popovici**, présentée par M. Jean Chazy.

I. *La réponse est négative*, si le projectile n'est pas autopropulsé, et si l'astre est obscur, et cela quelles que soient la loi d'attraction et la distribution des couches atmosphériques.

II. *La réponse est affirmative*, si l'astre est lumineux, avec une loi d'attraction et une atmosphère convenables.

III. Un photon peut devenir le satellite d'un astre obscur ou lumineux, et circule sur une orbite intérieure à l'atmosphère de cet astre.

M. Esclangon et M. Chazy ont traité [1] le problème d'un satellite artificiel de la Terre, soumis à l'attraction newtonienne. Notre but est de retrouver en partie leurs résultats, et d'étendre ces résultats à une loi d'attraction et à une distribution des couches atmosphériques quelconques, enfin d'indiquer que, lorsque l'astre est lumineux, il est possible qu'il engendre un satellite permanent. Dans notre étude, nous considérons des lois d'attraction et de répulsion arbitraires en une certaine mesure, et nous obtenons sans calculs des résultats qualitatifs.

I. Si l'astre fixe, attractif ou répulsif, est formé de couches sphériques homogènes, quelle que soit la force radiale qui s'exerce entre deux points, les forces exercées par l'astre sur un satellite admettent une résultante centrale par symétrie. Mais l'expression de cette résultante pourra avoir une forme analytique différente de la force qui s'exerce entre deux points. D'ailleurs la résultante statique de la pression de la lumière est aussi newtonienne, et proportionnelle à la surface du grand cercle de l'astre.

Quelle que soit l'expression d'une loi de force continue en fonction de la distance, les trajectoires sont réversibles. Supposons qu'une trajectoire présente un axe de symétrie passant par le centre et partons d'un sommet situé sur un tel axe. La trajectoire peut se fermer après un nombre entier de demi-révolutions, et le mouvement est périodique. Ou bien elle se compose de deux branches infinies symétriques; ou enfin elle passe une infinité de fois au voisinage de tout point d'une certaine région du plan. Si nous partons d'un sommet de distance périastre minima, une autopropulsion dans le vide pourra donner un satellite permanent.

Une trajectoire ne peut être fermée que si, avec une vitesse initiale convenable, l'attraction est en général prédominante. Si l'attraction agit seule, la trajectoire est partout concave vers le centre, de forme ovale; si la force attirante varie dans un sens constant le long de l'axe, l'ovale est allongé dans le sens de

---

[1] *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 161, 513 et 469.

cet axe. Si une trajectoire est une ellipse, une propulsion dans le vide, limitée, fournira un satellite permanent circulant sur une ellipse bitangente à la surface de l'astre.

Si l'astre obscur présente une atmosphère, et si le satellite sort de cette atmosphère, il pourra y rentrer une ou plusieurs fois, et finira par tomber sur l'astre.

II. Si l'astre est lumineux, quelles que soient l'attraction et la pression de lumière, celle-ci fonction linéaire de la vitesse radiale, et moindre que l'attraction, il existe (²) une valeur de la vitesse initiale pour laquelle l'orbite est circulaire. Si un mobile est lancé avec une vitesse un peu supérieure, horizontale ou légèrement inclinée, le grand axe osculateur croît.

Conséquence curieuse : il peut se former comme de petits nuages qui se stratifient dans le vide et restent immobiles. En effet, les particules dont le rapport de la masse à la surface est tel que l'attraction et la répulsion se fassent équilibre, et lancées verticalement, se meuvent comme une bille de billard roulant avec frottement sur un plan horizontal.

III. Un photon peut devenir le satellite d'un astre, en particulier, dans le cas où le rayon de courbure de la trajectoire lumineuse est égal au rayon d'une certaine couche de l'atmosphère.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude polarimétrique de la lumière réfléchie par la surface du sol de la planète Mars.* Note (*) de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. Bernard Lyot.

1° La polarisation de la lumière des grandes régions de la planète Mars a été étudiée de 1922 à 1929, par B. Lyot, à l'observatoire de Meudon, avec un polarimètre à franges perfectionné (¹). La stabilité de l'atmosphère à l'observatoire du Pic du Midi permet d'étudier des régions de la planète beaucoup plus petites. J'ai entrepris cette étude en février-mars 1948, avec la lunette de 60^{cm} et le même polarimètre (350 mesures).

2° La polarisation d'une région de la planète voisine du centre du disque varie avec l'angle de vision V en définissant la *courbe de polarisation observation normale*. Elle varie légèrement avec l'obliquité de la région (distance au centre du disque dans le plan passant par le Soleil) en définissant la *courbe de polarisation par diffusion oblique*, lorsque $V = 0$. La polarisation de Mars résulte de quatre effets : le sol, l'atmosphère, les nuages blancs, les nuages *violets*. J'examine ici la polarisation du sol seulement, en sélectionnant les mesures

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1250.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(¹) B. Lyot, *Thèse*, 1929; *Ann. Obs. Meudon*, 8, 1, p. 46 et 61.

dépourvues de nuages. Dans une Note suivante j'examinerai la polarisation des nuages et de l'atmosphère ([2]).

3° *Polarisation observation normale du sol.* — Les régions claires orangées ont une courbe de polarisation représentée par la figure 1. Les régions sombres se divisent en 2 groupes : les régions équatoriales (*Syrtis* May., *Auroræ* S., *Yapigia*, *Cimmérium* M.) ont une courbe de polarisation analogue à celle de la Lune (*fig.* 2). Les régions Nord (*Boreosyrtis*, *Panchaia*, *Niliacus* L., *Acidalium* M.),

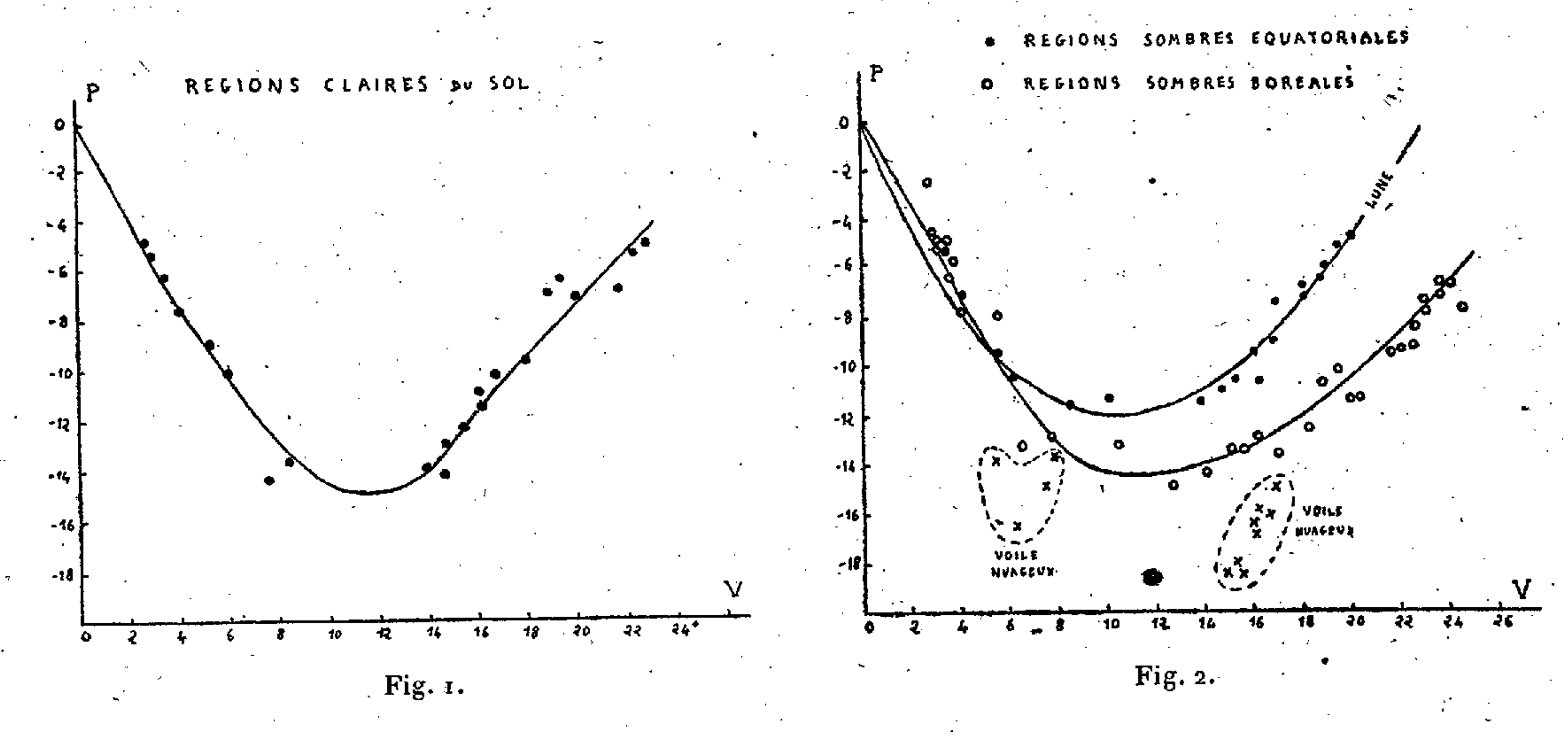


Fig. 1. Fig. 2.

situées au voisinage de la calotte polaire en fusion, ont une polarisation négative beaucoup plus forte, difficilement attribuable à l'atmosphère sus-jacente ou à l'obliquité de ces régions, mais à rapprocher des modifications saisonnières d'intensité et de couleur de ces taches au printemps martien ([2]) (*fig.* 2).

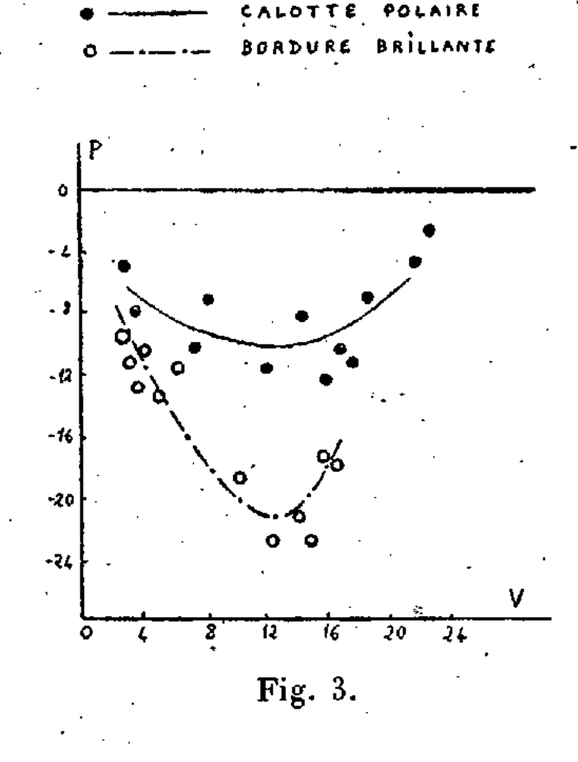


Fig. 3.

4° *Polarisation de la calotte polaire.* — Cette polarisation est variable et les mesures sont dispersées. La courbe moyenne est négative (*fig.* 3). Les taches

---

([2]) G. Fournier, *L'Astronomie*, août 1939, p. 348.

sombres visibles dans la calotte ont une polarisation presque nulle. Le contour montre par places, pendant la fusion, une bordure très brillante, dont la polarisation, très anormalement forte, dépasse 22 ‰ pour $V = 12°$.

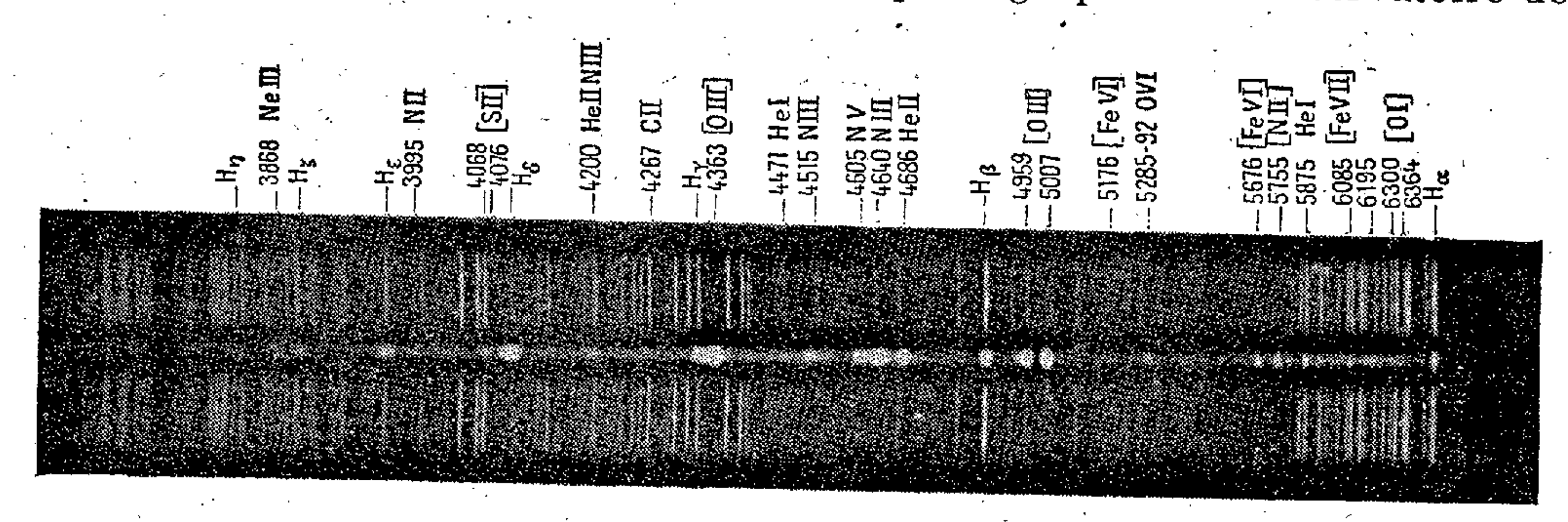
5° *Polarisation du sol par diffusion oblique.* — J'ai mesuré, à de nombreuses reprises, la polarisation des régions claires à des distances croissantes du centre du disque (obliquité croissante), sélectionné les mesures non entachées par des nuages, et corrigé l'influence faible de la polarisation atmosphérique ([3]). Les régions claires de Mars manifestent alors, du centre au bord, une variation de la polarisation qui diffère sans doute peu de la polarisation par diffusion oblique et qui atteint — 7 %, pour une obliquité de 65°. Ce résultat révèle une différence importante entre les structures des sols de Mars et de la Lune ([4]).

On retrouve qualitativement ce résultat en orientant le polarimètre à 45° du plan de polarisation pour annuler la polarisation directe et en observant en l'absence de nuage, au bord du disque, à ± 45° du plan passant par le Soleil.

Appliquées aux régions sombres, ces méthodes n'ont pas permis de conclure à cause de l'importance accrue des effets atmosphériques. De telles influences ne sauraient toutefois être fortes.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre de* Nova Serpentis 1948. Note (*) de Mlle **Marie Bloch**, présentée par M. Bernard Lyot.

Le spectre de *Nova Serpentis*, un peu plus d'un mois après sa découverte (9 avril), a été décrit sommairement par Mme Herman ([1]), d'après ses observations des 12 et 14 mai. Nous l'avons photographié à l'Observatoire de



Spectre de *Nova Serpentis* 1948, le 1er juin 1948.

Haute-Provence à partir du 30 mai, avec le spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope de 120cm d'ouverture, dont la dispersion est plus grande (75 Å/mm vers H_γ, 120 Å/mm vers H_β, 350 Å/mm vers H_α). Nos clichés,

([3]) Note aux *Comptes rendus* à paraître prochainement.

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1800.

obtenus sur plaques Eastman 103 *a* C montrent, de 3800 à 6600 Å environ, un plus grand nombre de raies et permettent des mesures plus précises.

L'aspect général du spectre n'a pas varié de façon appréciable du 12 mai au 12 juin. Des raies d'émission, dont quelques-unes très intenses, sont visibles, sur un fond continu très faible, décelable seulement dans la région rouge où la plaque est particulièrement sensible. Nous donnons ci-dessous la liste des éléments identifiés, en commençant par ceux qui donnent les raies les plus fortes :

H, de H_α à H_ζ;

[O III], 5007, 4959, 4363 Å;

N III, 4640 très brillante, 6466, 4546 et le groupe 4518-4515-4511 Å (les autres raies importantes sont blend avec H_β, H_γ et HeII 4200 Å);

HeII, 4686 Å très forte;

[N II], 5755 Å très brillante; les raies *nébulaires* ne peuvent être séparées de H_α;

HeI, 5875 intense, 4713, 4471, 3888 Å;

N V, 4605 Å, très forte (N II y contribue par les raies 4607 et 4601 Å;

[O I], montre les deux raies *nébulaires* 6300 et 6364 Å, non la raie *aurorale* 5577 Å;

[Fe VII], donne une forte raie à 6085 Å et d'autres à 5719, 5158, 4893, 4940 Å; la contribution de [Ca V] à la raie 6085 Å est peu probable, puisqu'on n'a pas caractérisé la raie 5308 Å;

[Fe VI], présente des raies importantes à 5678 Å (blend avec N II) et 5177 Å;

N II, avec le groupe 4942-6932 Å qui donne une raie forte à 5937 Å et avec la raie 3995 Å; les autres raies principales de N II sont blend : 5679-5676-5667 avec [Fe VI], 5007-5005-5001 avec [O III], 4601 avec N V;

[S II], 4068, 4076 Å;

[Ne III], 3868 et 3968 Å (cette dernière superposée à H_ε);

O VI, à qui l'on peut attribuer une large raie vers 5289 Å, correspondant au groupe 5279-5289-5291-5292-5298 Å;

C IV, le doublet non résolu 5812-5802 Å donne une raie importante à 5807 Å;

C II, représenté par 4267 Å;

[Fe II], caractérisé par ses plus fortes raies 4414, 4287, 4276, 4244 Å.

Des raies faibles à 4229, 4179, 4136 Å pourraient être attribuées à [Fe V].

Une raie assez intense à 6195 Å n'a pu être identifiée.

Par suite de la largeur des raies, la raie coronale [Fe X] 6374 Å, signalée par Wellmann [2], est partiellement superposée à [O I] 6364 Å, qui présente, par rapport à [O I] 6300 Å, une intensité et une largeur anormales. Les enregistrements à grande échelle font d'ailleurs apparaître un maximum à 6374 ± 1 Å.

---

(2) *Circulaire de l'Union Astronomique Internationale*, n° 1153.

En résumé, le spectre de *Nova serpentis* est bien celui d'une nova au début du stade nébulaire, avec la raie *aurorale* 4363 Å plus forte que les raies *nébulaires* 5007 et 4959 Å (³). Il est en outre caractérisé par la présence simultanée de degrés d'ionisation très différents des mêmes atomes : [FeII] en même temps que [FeVI], [FeVII] et [FeX], [OI] avec [OIII] et [OVI], NII avec NIII et NV, CII avec CIV. Mais les plus fortes ionisations prédominent, et l'on comprend que, dans ces conditions, NIII puisse donner son spectre complet de recombinaison (47,2 eV), au lieu des quelques raies sélectionnées par le mécanisme de fluorescence de Bowen, qu'on avait seules trouvées dans *Nova Heroulis* 1934 (⁴) et *Nova T Coronæ Borealis* 1946 (⁵).

MÉTROLOGIE. — *Instruments de mesures, division sur verre de limbes d'instruments*. Note de MM. **François Delhomme** et **Jacques Martin**, présentée par M. Georges Poivilliers.

Certains instruments de géodésie réalisés à l'étranger doivent leur supériorité à la division de leurs limbes en verre. La graduation est obtenue par gravure à l'acide fluorhydrique : elle est observée par réflexion à travers le limbe à l'aide de dispositifs appropriés. Ce mode d'observation exige, d'une part le noircissement des traits après morsure par l'acide, d'autre part une argenture chimique de la surface gravée, suivie d'un cuivrage et d'un vernissage.

La largeur des traits est de l'ordre de quelques microns et certains limbes de moins de 10^{cm} de diamètre peuvent en comporter plusieurs milliers. On conçoit qu'il s'agisse d'une technique particulièrement délicate.

Des essais effectués depuis plusieurs années dans les laboratoires de l'Institut Géographique National ont fait ressortir la possibilité d'éviter l'attaque à l'acide tout en simplifiant les opérations de protection de la division.

La technique en repose sur le fait que certaines couches métalliques très minces, obtenues par distillation dans le vide moléculaire, sont très adhérentes au verre, épousent la dilatation ou le retrait du support, peuvent avoir un grand pouvoir réflecteur et se laissent entamer facilement par l'outil d'une machine à diviser. La charge de l'outil doit être calculée pour découvrir le verre sans l'entamer. Après la chiffraison des traits par le même procédé, il suffit de recouvrir la métallisation d'un vernis noir spécial ; ce vernis joue le double rôle de protéger le métal contre la corrosion et de faire ressortir la graduation dans les microscopes de lecture.

Les laboratoires ont mis à profit le développement de la science du vide pendant ces dernières années, pour réaliser une installation d'étude donnant un

(³) J. Dufay et M. Bloch, *Zeits. für Astrophysik*, 13, 1937, p. 36.
(⁴) M. Bloch et J. Dufay, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1463.
(⁵) M. Bloch, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 802.

vide poussé, qui a permis la volatilisation de nombreux métaux et leur condensation en couches homogènes sur les limbes à diviser. L'homogénéité de la couche a été obtenue au début par des séries de sources disposées circulairement; actuellement la rotation de la pièce à recouvrir est préférée.

Deux métaux ont été spécialement retenus : le plomb et l'aluminium.

Division sur plomb. — Le plomb est volatilisé sur ruban (molybdène, tungstène, tantale). Les couches obtenues sont tendres et se laissent entamer facilement par l'outil sous faible charge. En couches assez épaisses (plus que l'opacité totale), il y a adhérence remarquable au verre. La couche se révèle résistante à la corrosion et son pouvoir réflecteur, bien que faible, suffit à la visibilité de la graduation.

Par contre la forte densité du plomb rend son évaporation difficile. Pour que les particules évaporées aient une énergie suffisante, il doit être porté à 1500° environ. D'autre part, il convient d'assurer un vide poussé tel que le libre parcours moyen des molécules soit supérieur à la distance de la source à la pièce à métalliser. On sait que ce libre parcours moyen λ est donné par

$$\lambda = \frac{4}{\pi[\sigma + \sigma']^2 n},$$

où σ est le diamètre des molécules du gaz ambiant en équilibre;
σ' est le diamètre des molécules du métal projeté;
n est le nombre de molécules par centimètre cube.

Si la vapeur de plomb était monoatomique comme il serait normal à l'équilibre, il suffirait de pousser le vide à 10^{-4} mm de mercure; mais l'évaporation étant un phénomène essentiellement irréversible, les particules projetées sont polyatomiques; en outre, il est apparu que le faisceau de ces particules entraîne des molécules du gaz ambiant, ce qui augmente la pression au voisinage de la pièce à métalliser. Des irrégularités ont été constatées; il a été alors fait appel à une installation où il était possible d'obtenir un vide plus poussé et surtout un débit suffisant pour combattre les dégazages des rubans chauffants; ceux de molybdène ont par ailleurs tendance à se sublimer avant volatilisation du plomb, ce qui compromet souvent l'adhérence du métal sur le support.

Division sur aluminium. — L'aluminium s'évapore facilement sur fil de tungstène sous un vide de 10^{-4} mm de mercure. La tension de sa vapeur au point triple (970° absolus) est de 5.10^{-9} mm de mercure; elle croît très rapidement avec la température, et il suffit de porter le métal à 900° environ pour obtenir une bonne évaporation. Mais pour que la métallisation permette une coupe franche de l'outil, on ne doit pas dépasser le stade d'une semi-aluminure (densité optique de 1,2 environ).

La couche d'aluminium résiste mal à la corrosion, et il est nécessaire de l'enrober assez rapidement sous le vernis protecteur. Moyennant cette pré-

caution, les surfaces ne présentent aucune altération après être demeurées 50 jours en étuve dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau de mer à 50°.

Le pouvoir réflecteur de l'aluminium, particulièrement élevé, assure un fond très brillant sur lequel les traits se détachent en noir intense avec un maximum de contraste.

La division sur aluminium présente un inconvénient qui a paru dirimant de prime abord : l'usure rapide des outils, produit tant par la présence dans la couche d'alumine anhydre formant abrasif, que par la très faible épaisseur de la couche elle-même, qui fait que l'outil n'est pas protégé dans sa chute sur le verre, comme c'est le cas avec le plomb ou le vernis. Les outils en carbure de tungstène ont permis d'éviter cette difficulté; ils se stabilisent à 6 ou 7 microns, et un limbe de 4000 traits est divisé sans variation de l'épaisseur des traits.

Dès à présent, des limbes ont été divisés en utilisant la nouvelle technique exposée ci-dessus. Certains ont même été montés sur des appareils en service. Les utilisateurs ne les différencient pas de ceux provenant de l'industrie étrangère dont la France était jusqu'ici largement tributaire dans ce domaine.

Ce procédé est susceptible d'applications plus générales telles que réglettes divisées linéaires, mires photographiques de précision, etc.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Extension, aux radiogoniomètres d'atmosphériques, de la définition du seuil de fonctionnement par un flux d'impulsion.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons défini, dans une Note antérieure ([1]), par le flux d'impulsion par mètre, le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs du niveau moyen des atmosphériques et nous avons interprété, dans une Note précédente ([2]), le résultat des mesures de flux d'impulsion par mètre effectuées sur les appareils du Laboratoire National de Radioélectricité.

La présente Note a pour objet d'étendre aux radiogoniomètres d'atmosphériques la définition du seuil de fonctionnement par un flux d'impulsion.

Les radiogoniomètres d'atmosphériques comportent généralement des cadres fixes ou mobiles accordés et combinés ou non avec une antenne de lever de doute, et le seuil de fonctionnement peut être défini par l'impulsion d'une force électromotrice induite de forme déterminée dans un cadre de l'appareil (de N spires de surface S) convenablement orienté :

$$\Phi = \int_0^\theta \left(-\mathrm{NS}\frac{d\mathrm{H}}{dt}\right) dt = \mathrm{NS}(\mathrm{H}_{t=0} - \mathrm{H}_{t=\theta}),$$

en désignant par H l'intensité du vecteur magnétique horizontal du champ et θ

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1710.
([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 51.

la durée de l'impulsion suffisamment petite devant la période d'accord T de l'appareil.

Avec un champ $H = H_0 \exp(-t/\tau_0)$ dont la constante de temps τ_0 est une fraction inférieure à $\theta/5$, le flux d'impulsion Φ, sensiblement égal à NSH_0, peut être facilement constitué par la variation exponentielle d'un courant d'intensité i dans un circuit, de constante de temps τ_0, couplé au cadre par une inductance mutuelle M. En réglant l'intensité i à la valeur $I_S \exp(-t/\tau_0)$ correspondant au seuil de fonctionnement, le flux d'impulsion est

$$\Phi_c = NSH_S = MI_S,$$

et l'intensité du champ magnétique $H_S = MI_S/NS$ définit le seuil de fonctionnement du radiogoniomètre, si une antenne de lever de doute ne participe pas à ce fonctionnement.

Les radiogoniomètres à secteur étroit [3], utilisés pour la localisation des atmosphériques, comportent un circuit d'entrée accordé soumis, en ce qui concerne le dispositif *inscripteur*, à l'action :

1° d'une force électromotrice $-NS(dH/dt)$ induite dans le cadre *inscripteur*;

2° d'une différence de potentiel u aux bornes d'une résistance R intercalée à la base de l'antenne de lever de doute [4], siège d'une force électromotrice e proportionnelle à l'intensité F du vecteur électrique vertical du champ

$$u = R\gamma \frac{de}{dt} = \tau_A h_A \frac{dF}{dt} \qquad (\text{avec } \tau_A = R\gamma),$$

h_A et γ étant respectivement la hauteur effective et la capacité, par rapport à la terre, de l'antenne de lever de doute.

Pour une onde plane, de vitesse de propagation c, la force électromotrice induite dans le cadre est réglée à une valeur égale à la différence de potentiel u, afin d'obtenir le diagramme de la cardioïde, ce qui implique de satisfaire à l'égalité

$$\tau_A h_A c = NS.$$

Le seuil de fonctionnement du radiogoniomètre peut alors être défini soit par le flux d'impulsion Φ_c d'une force électromotrice induite dans le cadre inscripteur par un champ $H_S \exp(-t/\tau_0)$, soit par le flux d'impulsion Φ_R d'une différence de potentiel u, aux bornes de la résistance R, provoquée par une force électromotrice $e = h_A F_S \exp(-t/\tau_0)$ induite dans l'antenne

$$\Phi_c = NSH_S, \qquad \Phi_R = \int_0^\theta u\, dt = \tau_A h_A F_S.$$

---

(3) R. Bureau, *Les foyers d'atmosphériques* (*Mémorial de l'Office National Météorologique de France*, n° 25, 1936). F. Carbenay, *Radiogoniomètre à secteur étroit pour la localisation des atmosphériques* (*Note préliminaire* n° 101 *du Laboratoire National de Radioélectricité*).

(4) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 63.

Les flux d'impulsion Φ_c et Φ_R sont égaux [5], d'après l'égalité précédente, si $F_S = cH_S$, et le seuil de fonctionnement du radiogoniomètre sera défini par l'intensité H_S ou F_S du champ magnétique ou du champ électrique divisée par 2 pour tenir compte de la composition, en fonctionnement normal, de l'antenne et du cadre.

Les flux Φ_c ou Φ_R se mesurent aisément par l'une des méthodes exposées dans une Note antérieure ou dans ce qui précède en réalisant, par exemple, avec un cadre fixe faisant partie de l'appareil, le circuit inducteur de constante de temps τ_0 couplé au cadre inscripteur par l'inductance mutuelle M. On a ainsi trouvé pour un radiogoniomètre à secteur étroit du Laboratoire National de Radioélectricité, avec τ_0 compris entre 0,5 et 1 microseconde :

$MI_S = 3$ maxwells, $H_S = 0{,}57.10^{-6}$ gauss, $F_S = 17$ millivolts par mètre.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'osmose électrique.*

Note de M. **Eugène Darmois**, transmise par M. Aimé Cotton.

Helmholtz a fait l'hypothèse qu'une couche double d'électricité, analogue à celle que l'on admettait au contact de deux métaux, existait au contact de deux corps quelconques. Dans une Note récente, j'ai montré que l'idée d'Helmholtz était inexacte pour les contacts métal-isolant et isolant-isolant; le développement de l'électricité de frottement est dû, non pas au simple contact, mais réellement au frottement qui détruit une pellicule superficielle de l'un des deux corps au moins, avec mise en liberté des charges qui assuraient les liaisons dans la surface.

Quand l'un des deux corps est liquide, la couche double d'Helmholtz est invoquée pour expliquer l'osmose électrique. Un liquide est placé dans un tube capillaire en U et l'on établit une tension continue entre les deux branches du tube; on constate que le liquide prend une dénivellation fixe H qui dépend de la tension V, du rayon du tube r, de la nature du liquide. Si une couche double existe au contact du verre et du liquide, le verre étant par exemple chargé —, le liquide chargé + subit de la part du champ une traction superficielle qui l'entraîne de proche en proche par viscosité. Le liquide monte donc du côté du pôle négatif jusqu'à une hauteur H telle que le reflux dû à l'écoule-

---

[5] Aux flux d'impulsion Φ_c ou Φ_R correspond un flux d'impulsion de la f. é. m. induite par unité de hauteur effective h_A de l'antenne

$$\Psi_0 = \frac{1}{h_A}\int_0^\theta e\,dt = F_S\tau_0,$$

ou par unité de hauteur effective h_c du cadre ($h_c = NS/c\tau_0$)

$$\Psi_0 = \frac{\Phi_c}{h_c} \doteq cH_S\tau_0.$$

ment à la Poiseuille compense le flux dû au champ électrique. La théorie montre que $H = A(V/r^2)\Delta\varphi$. A est une constante, $\Delta\varphi$ est le potentiel de la double couche; il varie avec la nature du liquide et de la paroi. Le nombre des Mémoires où $\Delta\varphi$ a été calculé à partir de H ou de la vitesse du flux est considérable (¹). La théorie d'Helmholtz est généralement admise; quelques critiques ont été exprimées (²), mais elles ne semblent pas avoir trouvé une audience.

Depuis plusieurs années, soit seul, soit avec mes élèves, je me suis attaché au problème de la solvatation des ions. J'ai montré que les ions, grâce à leur champ électrique, peuvent agir à une distance assez grande sur les molécules polaires du dissolvant. L'étude de l'absorption de la lumière ultraviolette par les ions Cl^- montre que, dans une solution 0,005 N de ClNa, le nombre des molécules d'eau liées électriquement à un ion Cl^- est de l'ordre de 1000.

Or, si le courant passe dans un liquide, c'est grâce aux ions, lesquels peuvent entraîner avec eux une partie de cette eau; les ions se déplacent, non dans un sens, mais dans les deux sens et dans toute l'épaisseur du liquide. En général les anions et les cations n'entraîneront pas la même quantité d'eau; on observera donc une montée du liquide du côté des ions qui entraînent le plus d'eau. La montée s'arrêtera quand le reflux hydrodynamique sera égal au flux. Cette nouvelle conception se met très facilement en équation.

Nous supposerons l'électrolyte binaire du type ClNa. Soient h le champ électrique, U_+ et U_- les mobilités des deux ions, n_+ et n_- les nombres de molécules d'eau de volume v_0 qu'ils entraînent, N le nombre des ions d'un signe par centimètre cube. Dans la section S du tube, les ions + passent par seconde au nombre de SNU_+h, amenant $SNU_+hn_+v_0$ d'eau vers la cathode; formule analogue pour l'anode. En supposant par exemple que les cations sont les plus hydratés, le volume arrivant en trop à la cathode est $2SNhv_0(U_+n_+ - U_-n_-)$. Quand une dénivellation H s'est produite, le reflux est proportionnel à $Hr^4/l\eta$, où l est la longueur du tube, η le coefficient de viscosité; $S = \pi r^2$, $h = V/l$, on voit que

$$H = A\frac{V}{r^2}N\eta(U_+n_+ - U_-n_-).$$

On retrouve la formule de Helmholtz avec une signification complètement différente du terme $\Delta\varphi$.

L'interprétation que nous proposons repose sur l'entraînement de l'eau dans les deux sens par les ions; nous avons mis cet entraînement en évidence par une expérience très simple. Une solution de ClNa 0,01 M environ est contenue dans une cuvette où plongent deux tubes verticaux fermés au fond par une membrane de cellophane de 1^{cm^2} environ, contenant la même solution et les

(¹) *Voir* par exemple Pauli et Valko, *Électrochimie des colloïdes*.

(²) Swyngedauw, *Thèse*, Paris, 1938.

deux électrodes; les trois niveaux sont au début dans un même plan. On met une tension de 30 volts; on règle le courant à 2-3 mA; au bout de quelques heures le liquide monte *dans les deux tubes* d'une quantité de l'ordre du centimètre. Nous développerons ailleurs les conséquences de cette explication.

EFFET RAMAN. — *Résultats expérimentaux de l'étude d'un monocristal de phosphate d'ammonium à température ordinaire.* Note (*) de M. **Jean Chapelle**, transmise par M. Jean Cabannes.

1. *Renseignements cristallographiques.* — Le groupe spatial de ce cristal est Vd_{12}. Il dérive du groupe fini $S_{4u} = Vd$. La maille, tétragonale centrée, contient 4 molécules de $PO_4H_2(NH_4)$, mais il est possible d'en choisir une plus petite ne contenant que 2 molécules de phosphate. L'ion NH_4 et l'ion PO_4 possèdent la symétrie S_4.

Dans la suite nous appellerons OZ l'axe quaternaire, OX et OY les deux axes binaires qui lui sont perpendiculaires. Nous utiliserons les notations employées par J.-P. Mathieu [1].

II. *Spectre de basse fréquence.*

Fréquences (en cm^{-1}).	Intensité et caractéristiques.	Facteurs de dépolarisation en lumière incidente naturelle. Faisc. incid... ⊥ OZ. / Faisc. diffusé.. ∥ OZ.	⊥ OZ. / ⊥ OZ.	∥ OZ. / ⊥ OZ.	Type.
68	F étroite	1?	1?	∞	E
97	*f* étroite	1?	1?	∞?	E?
127	»	1?	1?	∞?	E?
175±13	F	1	0,98	∞	E
280±50	*ff* très diff.	1?	1?	∞	E

A la raie 175 ± 13 se superpose vers 180 cm^{-1} une raie fine et faible. L'étude théorique du spectre conduit à 3 fréquences de translation de type E; les résultats obtenus semblent prouver l'existence de raies de pivotement.

III. — *Fréquences internes attribuables à* PO_4 (*ou* PO_4H_2).

Fréquences (en cm^{-1}).	Intensité et caratér.	Facteurs de dépolarisation en lumière incidente polarisée. Faisc. incid... ⊥ OZ. / Champ électr. incident.... ⊥ OZ. / Faisc. diffusé. ∥ OZ.	⊥ OZ. / ∥ OZ. / ∥ OZ.	⊥ OZ. / ∥ OZ. / ⊥ OZ.	⊥ OZ. / ⊥ OZ. / ⊥ OZ.	∥ OZ. / ⊥ OZ. / ⊥ OZ.	∥ OZ. / ⊥ OZ. / ⊥ OZ.	Type.
342	*m* large	0,2	inv.	0	inv.	0	0	A
398	F étroite	2,2	»	inv.	∞	0	0	B
477	*f* diffus	0,3	»	inv.	inv.	0	0	B
537	*m* étroite	invisible	1?	∞	0	∞	∞	E
545 ± 30	*ff* très diff.	0	0	inv.	inv.	0	0	?
569	*f* large	invisible	inv.	∞	0	inv.	inv.	E?
927	FF large	0,38	1?	0	1?	0	0	A
1130 ± 30	*f* diff.	?	?	∞	0	∞	∞	E

(*) Séance du 19 juillet 1948.

(1) J.-P. Mathieu, *Spectres de vibration et symétrie des molécules et des cristaux*, Paris, 1945.

On notera les anomalies de polarisation de la raie 927 cm^{-1} et celles des deux fréquences 545 et 569 cm^{-1}, qui semblent ne pas être représentables par un tenseur.

IV. *Fréquences internes attribuables à* NH_4.

Fréquences (en cm^{-1}).	Intensité et caractéristiques.		Facteurs de dépolarisation en lumière incidente naturelle.			Type.
		Faisc. incid...	⊥ OZ.	⊥ OZ.	// OZ.	
		Faisc. diffusé..	// OZ.	⊥ OZ.	⊥ OZ.	
1400	*ff* diffus		?	?	0	B ?
1661	F étroit		0,3	0,04	0,23	A
1696	*f* »		?	∞	0	B
3090 + 150	F		?	1	∞	E
3170 ± 150	F		0	0	0,27	A
3230 ± 170	F		∞	∞	0	B

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets de coumarone, d'indène et d'indol à l'état de vapeur. Caractérisation de* solvents naphta. Note (*) de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

Si l'on examine, suivant la technique indiquée d'autre part ([1]), les spectres d'absorption ultraviolets de vapeurs de *solvents naphta*, produits de distillation de la houille, du type 90-180° (90 % passant à 180°), on observe avec plus ou moins d'intensité des bandes très étroites d'absorption entre 2879 et 2500 Å. Ces bandes sont produites principalement par la coumarone ou benzofurane et par l'indène ou benzocyclopentanediène contenus dans les *solvents* et permettent de caractériser ces derniers dans les peintures, vernis, encres d'imprimerie, solvents, etc.

Il est à remarquer qu'aux bandes de la coumarone et de l'indène se superposent les bandes bien connues des xylènes et plus rarement du toluène, les autres constituants des *solvents naphta*, cumènes principalement, ne possédant que des bandes d'absorption très peu intenses.

J'ai pu, grâce à M. le professeur Sommelet de la Faculté de Pharmacie, me procurer de l'indène (É 132°) et d'autre part, MM. Quieret et Marty, du Gaz de Paris, m'ont remis de la coumarone. Celle-ci avait été préparée par synthèse, à partir de la coumarine, suivant la méthode de Perkin ([2]), par Mlle Dennos du Laboratoire d'Études et de Recherches gazières. J'ai pu également en produire par pyrogénation ménagée à 880° de vapeurs de coumarine, suivant la technique préconisée par Orloff et Tichtchenko ([3]).

Les longueurs d'onde et les intensités relatives des bandes étroites

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) A. Berton, *Ann. Chim.*, 19, 1944, p. 394-404.

([2]) *Zeits. Chem.*, 1871, p. 178.

([3]) *J. Soc. Chim. Russe*, 62, 1930, p. 2243; *Bull. Soc. Chim.*, 52, 1932, p. 817.

d'absorption, caractéristiques de la coumarone et de l'indène, sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Nous y avons ajouté, comme termes de comparaison, celles de l'indol, car le spectre de ce dernier est très voisin de celui de la coumarone, ce qui était à prévoir, en considérant la similitude de la constitution de ces deux composés.

(Coumarone) (Indol) (Indène)

Le groupement NH semble avoir comme seule influence principale, par rapport à celle de l'oxygène, de décaler tout le spectre de 56 Å environ vers les grandes longueurs d'onde. Il est à remarquer que les spectres d'absorption infrarouges de la coumarone et de l'indol sont aussi très proches [1].

Dans le cas de l'indène, le groupement CH_2 apporte des perturbations plus grandes que NH ou O sur les bandes observées.

Différences/Indol..			42	41,5	41,8	41 Å
Indène...........	–	–	2892 ttf	2888 tf	**2883,8** m	**2879** mF
Indol...........	2858 ttf	2854 tf	2850 f	**2846,5** m	**2842** F	**2838** TF
Coumarone.......	2801,5 tf	2797 f	2795 f	**2790,5** F	2786 m	**2781,3** TF
Différences/Indol..	56,5	57	55	56	56	56,7 Å
Différences/Indol..	–	59	60	59	59,2	–
Indène...........	2892 ttf	2854 tf	2850 f	**2844,8** m	**2840** mF	–
Indol...........	–	2795 ttf	2790 ttf	2785 f	**2780**,8 m	2779,8 tf
Coumarone.......	–	2739 tf	2734,8 f	**2730** mF	**2726** F	–
Différences/Indol..	–	56	55,2	55	54,8	–
Différences/Indol..	–	60	58,5	58	–	–
Indène...........	–	2835 f	2829 tf	2824 f	2818 f	2814 mf
Indol...........	2779,8 tf	2775 tf	2770,5 tf	2766,3 f	2761,5 tf	2760,5 tf
Coumarone.......	–	2719 f	**2714,5** m	**2710** F	–	–
Différences/Indol..	–	56	56	56,3	–	–
Indène...........	2802,5 tf	2798 tf	2787 mf	2781 mf	2775 mf	2771,5 m
Indol...........	2744 tf	2740 tf	2736 tf	2733 f	2729 m	2726 m

En outre, pour la coumarone, on observe de nombreuses bandes très faibles entre 2704 et 2620 Å environ, et une absorption continue pour des $\lambda < 2480$ Å. Pour l'indène, de nombreuses bandes très faibles existent encore pour des longueurs d'onde comprises entre 2770 et 2610 Å, cette dernière valeur correspondant au début d'une absorption continue.

---

(1) P. LAMBERT et J. LECOMTE, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1148.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alstonine.*

Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

T. M. Sharp [1] qui, le premier, a préparé à l'état cristallisé l'alstonine et quelques-uns de ses sels, a attribué à cet alcaloïde de l'*Alstonia constricta* F. Mueller la formule $C_{21}H_{20}N_2O_3$ et a signalé son analogie avec la yohimbine. En outre, à partir de l'alstonine, le chimiste anglais a obtenu, par hydrogénation, la tétrahydroalstonine $C_{21}H_{24}N_2O_3$, par traitement au sélénium, l'alstyrine dont la formule serait $C_{19}H_{22}N_2$ ou $C_{18}H_{20}N_2$.

Plus récemment, il a été constaté [2] que, pour ce qui est des spectres d'absorption dans l'ultraviolet, l'alstonine s'éloigne considérablement de la yohimbine, tandis que la trétrahydroalstonine s'en rapproche beaucoup et que l'hexahydroalstonol, qui provient de la réduction de la tétrahydroalstonine par le sodium dans l'alcool butylique, n'en diffère aucunement.

Puisque le spectre d'absorption de la tétrahydroalstonine ressemble beaucoup à celui de la yohimbine, il convenait de comparer à celui de l'alstonine celui de la tétradéhydroyohimbine ou de son dérivé, l'acide tétradéhydroyohimbique. Cette comparaison (*fig.* 1) a révélé la presque identité de ces deux spectres. On peut donc admettre que l'alstonine et l'acide tétradéhydroyohimbique comportent le même groupement chromogène. Malheureusement on ignore encore la véritable formule de constitution de l'acide tétradéhydroyohimbique, celle qui a été proposée par Witkop [3] étant contredite non seulement pas nos observations pharmacologiques, mais encore par le fait que le spectre d'absorption de cet acide s'éloigne beaucoup de celui de la yobyrine (*fig.* 2), alors qu'il devrait n'en différer que fort peu si la formule de Witkop était exacte.

Mais puisque l'analogie des spectres d'absorption de l'alstonine et de l'acide tétradéhydroyohimbique ne peut nous révéler actuellement la nature du groupement chromogène de la première de ces substances, nous avons été amené à comparer spectrographiquement l'alstonine et les deux dérivés non oxygénés du traitement au sélénium de la yohimbine : la yobyrine et la tétrahydroyobyrine, dérivés auxquels B. Witkop [3] a attribué des formules de constitution dont l'exactitude est certaine pour la première, et paraît l'être pour la seconde. La figure 3 révèle une telle similitude des spectres d'absorp-

(*) Séance du 26 juillet 1948.

(1) *Journal of the chemic. Soc.*, 1934, p. 287 et 1938, p. 1353.

(2) N. J. Leonard et R. C. Elderfield, *Journ. of org. chem.*, 7, 1942, p. 556.

(3) *Liebig's Ann. d. Chemie*, 554, 1943, p. 83.

tion de l'alstyrine et de la tétrahydroyobyrine qu'on est en droit d'admettre que ces deux substances possèdent le même chromogène et qu'en conséquence leurs formules développées sont étroitement apparentées.

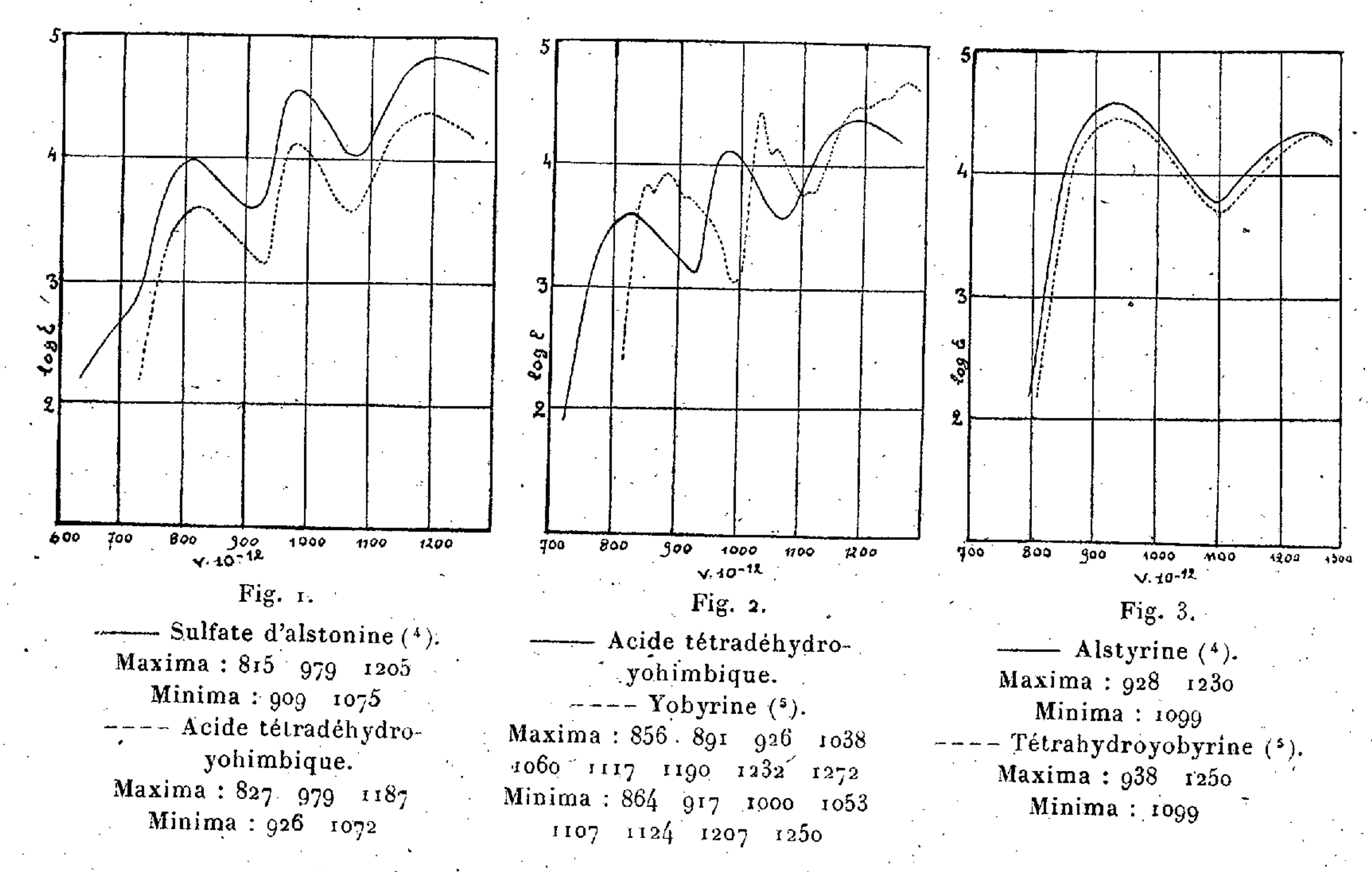


Fig. 1.
—— Sulfate d'alstonine ([4]).
Maxima : 815 979 1205
Minima : 909 1075
---- Acide tétradéhydro-yohimbique.
Maxima : 827 979 1187
Minima : 926 1072

Fig. 2.
—— Acide tétradéhydro-yohimbique.
---- Yobyrine ([5]).
Maxima : 856 891 926 1038 1060 1117 1190 1232 1272
Minima : 864 917 1000 1053 1107 1124 1207 1250

Fig. 3.
—— Alstyrine ([4]).
Maxima : 928 1230
Minima : 1099
---- Tétrahydroyobyrine ([5]).
Maxima : 938 1250
Minima : 1099

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de condensation de la 4-chloroquinaldine avec quelques composés à groupement méthylénique actif.* Note de M. **André Meyer** et Mlle **Geneviève Bouchet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur la 4-chloroquinaldine ([1]), nous avons étudié ses réactions avec les molécules possédant un groupe $—CH_2—CO—$, à H labile, notamment des composés hétérocycliques.

On chauffe molécules égales des constituants, en solution acétique ou dans l'anhydride acétique, en présence de pyridine, ou simplement en milieu pyridique, suivant le cas.

En premier lieu, nous avons obtenu des *produits de condensation colorés* en *jaune* ou *orangé* avec l'*anthranol*, les *pyrazolones*, la *phénylisoxazolone*.

Avec l'*anhydride homophtalique*, l'*homophtalimide* et ses *dérivés* N *substitués*, on obtient des matières colorantes *rouge foncé* ou *violet foncé*.

([4]) Préparés par T. M. Sharp.
([5]) Préparée par Wibaut.
([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 63-65.

Par contre, l'*acide barbiturique*, la *rhodanine*, la *pseudo-thiohydantoïne* ne réagissent pas dans diverses conditions.

On peut expliquer ces réactions en admettant la formation transitoire d'un chlorhydrate *incolore* (I), qui a pu être isolé dans quelques cas, mais qui, le plus souvent, se transforme spontanément en dérivé *coloré* non saturé de la quinaldone (II), par perte de ClH. Celui-ci doit sa coloration au *chromophore quinonique à doubles liaisons conjuguées* $\begin{matrix}=C\\=C\end{matrix}\!\!>C=\overset{|}{C}-\overset{|}{C}=$

$$R\langle{}^{CO}_{X}\rangle CH_2 + Cl-C\langle{}^{CH\;\;C-CH_3}_{C_6H_4}\rangle N \rightarrow R\langle{}^{CO}_{X}\rangle CH-C\langle{}^{CH\;\;C-CH_3}_{C_6H_4}\rangle N(Cl)H \;\; (I)$$

$$\rightarrow R\langle{}^{CO}_{X}\rangle C=C\langle{}^{CH\;\;C-CH_3}_{C_6H_4}\rangle NH \;\; (II)$$

Le mécanisme de cette condensation rappelle ainsi la synthèse des *colorants indigoïdes* de Friedlænder (action du chlorure d'isatyle sur les composés méthyléniques). Nos colorants sont intermédiaires entre les cyanines et les indigoïdes.

Mais contrairement aux cyanines et isocyanines, ils sont décolorés en milieu alcalin ou ammoniacal et se recolorent en milieu acide. Par exemple, les dérivés des homophtalimides sont solubles en *jaune* dans les alcalis et recolorés en *rouge* ou *violet* par les acides acétique ou chlorhydrique, le virage du jaune au violet s'effectuant entre pH 7,4 et pH 7,6. Un excès d'acide (pour pH 4,4 environ) décolore totalement la solution, par rupture hydrolytique de la chaîne hétérocyclique, mais la couleur réapparaît par modification convenable de la réaction du milieu.

Dans le cas de l'*anthranol*, les solutions restent jaunes, quel que soit le pH.

Les solutions alcooliques des dérivés pyrazoloniques, jaunes ou orangées, deviennent incolores en milieu alcalin ou avec un excès d'acide minéral.

Les composés préparés possèdent les formules suivantes, dans lesquelles Q représente le radical quinaldique (II *bis*) :

$=C\langle$ (4') HC (3') C—CH$_3$ (2') (1') NH, noyau benzénique — (II *bis*)

$CH_3-C_3=C_4=Q$; N_2, C_5O ; $N_1-C_6H_5$ — (III)

$C_6H_5-C=C=Q$; N, CO ; O — (IV)

OC$\langle$ (10) (9) $\rangle$C=Q, entre deux noyaux benzéniques — (V)

C=Q (4) ; (3) CO ; (2) O ; (1) CO, accolé à un noyau benzénique — (VI)

C=Q (4) ; (3) CO ; (2) NH ; (1) CO, accolé à un noyau benzénique — (VII)

...N($C_6H_4-CH_3$) — (VIII)

Phényl-1-méthyl-3-pyrazolone-5-quinaldone-4-4' : $C_{20}H_{17}ON_3$; (form. III). Cristaux jaune orangé, sublimables vers 300°, F 320°.

P. tolyl-1-méthyl-3-pyrazolone-5-quinaldone-4-4' : $C_{21}H_{19}ON_3$; cristaux jaune orangé, F 302°.

Diphényl-1-3-pyrazolone-5-quinaldone-4-4' : $C_{25}H_{19}ON_3$; cristaux jaune clair, F 207°.

Phényl-3-isoxazolone-5-quinaldone-4-4' : $C_{19}H_{14}O_2N_2$; (form. IV), cristaux jaune pâle, F 195°.

Anthrone-quinaldone-9-4' : $C_{24}H_{17}ON$; (form. V), cristaux jaune orangé, peu solubles alcool, F 265° (déc.).

Homophtalyl-quinaldone-4-4' : $C_{19}H_{13}O_3N$; (form. VI), cristaux rouge rubis, sublimables vers 250°, F vers 320°, facilement hydrolysables en milieu acide ou alcalin.

Homophtalimide-quinaldone-4-4' : $C_{19}H_{14}O_2N_2$; (form. VII), cristaux rouge foncé, sublimables, F 294°.

Phényl-N-homophtalimide-quinaldone-4-4' : $C_{25}H_{18}O_2N_2$; cristaux violet foncé, F 208°.

La *p. tolyl-N-homophtalimide* fournit un mélange de colorant violet et de chlorhydrate incolore, $C_{26}H_{20}O_2N_2ClH$, F 265°, ce dernier, en solution acétique tamponnée par de l'ammoniaque, se transforme en colorant violet, ou *p. tolyl-N-homophtalimide-quinaldone-4-4'* : $C_{26}H_{20}O_2N_2$; (form. VIII), F 246°.

Avec la *méthyl-N-homophtalimide*, on observe la même particularité. *Méthyl-N-homophtalimide-quinaldone-4-4'* : $C_{20}H_{16}O_2N_2$; cristaux violet foncé, F 176°.

Les *naphtyl-N-homophtalimides* ne se condensent pas avec la chloroquinaldine; la réactivité atténuée du CH_2 dans ces composés a été déjà observée (Meyer et Vittenet, *Ann. Chim.*, 1932, X, 17, p. 346, 366 et *passim*).

Nos essais de condensation d'une quinaldone, telle que la N-méthylquinaldone, avec une pyrazolone ou une homophtalimide, ont échoué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de la benzalacétone avec l'acide phénylpyruvique*. Note (*) de MM. **Paul Cordier** et **Hakim Maximos**, transmise par M. Marcel Delépine.

I. La benzalacétone se condense avec l'acide phénylpyruvique en milieu hydroalcoolique à la température ordinaire; la réaction est totale au bout de 48 heures en présence d'un large excès d'alcali (soude ou potasse); la condensation a lieu également dans des conditions d'alcalinité beaucoup plus faible, la réaction est plus lente et n'est totale qu'au bout de 5 jours. Le produit principal formé, précipité après dilution et acidification, est purifié par traitement benzénique et par plusieurs cristallisations dans l'alcool à 50°, Rdt 60 % environ.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

Le corps obtenu cristallisé en aiguilles incolores est un acide alcool cétonique $C_{19}H_{18}O_4$, F 220° (déc.); il provient de l'union équimoléculaire de la cétone et de l'acide cétonique. Il est insoluble dans l'eau, insoluble dans le benzène même bouillant, soluble dans l'alcool à 95°.

Par analogie avec les observations antérieures faites par l'un de nous (1) sur l'action de l'acide phénylpyruvique avec l'acétone, l'acétophénone et la benzylméthylcétone, nous avons songé à expliquer la formation du corps en question par une réaction de cétolisation aboutissant au corps (I)

$$C_6H_5-CH=CH-CO-CH_2-\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}(OH)-CH_2-C_6H_5$$

(I)

Or nous avons constaté que l'acide alcool γ cétonique supposé est très stable en milieu alcalin, même à chaud; il n'y a nullement décomposition en cétone et sel alcalin de l'acide phénylpyruvique comme pour les corps précédemment étudiés. Cette stabilité confère un caractère irréversible à la réaction initiale de condensation.

D'autre part le produit obtenu ne présente aucun pouvoir réducteur immédiat vis-à-vis d'une solution diluée de permanganate de potassium en milieu alcoolique ou bicarbonaté, ce qui exclut la présence d'une double liaison.

Ces considérations nous ont fait rejeter la formule (I) comme ne répondant pas aux propriétés du corps et nous ont conduits à examiner une autre structure. La présence de la double liaison activée par le carbonyle, ainsi que la situation du groupement $> CH_2$ au voisinage du phényle, permettent d'envisager en milieu alcalin la migration d'un hydrogène du groupement méthylénique sur le carbone en α du carbonyle en même temps que se crée un cycle hexanique selon le schéma

$$C_6H_5-CH=CH-CO-CH_2-\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}(OH)-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{CH}}-C_6H_5$$

$$\rightarrow C_6H_5-CH-CH_2-CO-CH_2-\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}(OH)-CH-C_6H_5$$

(II)

La formule (II) (5.6-diphénylcyclohexane one-3 ol-1 carboxylique-1) permet de comprendre la stabilité du composé et la disparition de la double liaison. Elle rappelle des réactions similaires déjà signalées par différents auteurs au sujet de la condensation de la benzalacétone avec certains composés [malonate d'éthyle (2), phénylacétate d'éthyle (3), benzoylacétate d'éthyle (4)].

---

(1) P. CORDIER, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 918; 202, 1936, p. 1440; 225, 1947, p. 338.

(2) VORLANDER, *Ber.*, 27, 1894, p. 2054; MICHAEL, *Ber.*, 27, 1894, p. 2126; KNOEVENAGEL, *Ber.*, 27, 1894, p. 2343.

(3) BORSCHE, *Ber.*, 42, 1909, p. 4498.

(4) DIECKMANN et V. FISCHER, *Ber.*, 44, 1911, p. 971.

La position de la fonction alcool en α du carboxyle est prouvée par la formation de complexe cuivrique bleu soluble en milieu alcalin. L'obtention de semicarbazone F226° et de 2.4-dinitrophénylhydrazone F285° (déc.) confirme la présence de la fonction carbonylée.

II. Les réactifs déshydratants (ClH en milieu acétique à chaud, anhydride acétique + acétate de sodium, SO_4H_2 a froid) donnent naissance à un acide éthylénique cétonique $C_{19}H_{16}O_3$ F155° [semicarbazone F280° (déc.), 2.4-dinitrophénylhydrazone F285°-290° (déc.)].

L'hydrogénation de l'acide alcool cétonique (II) par l'amalgame de sodium nous a donné un acide dialcool $C_{19}H_{20}O_4$ F170° (5.6-diphénylcyclohexane diol-1-3 carboxylique-1), se lactonisant partiellement à la température ordinaire, rapidement à 100°.

L'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium réagit sur ce dernier corps en donnant un mélange d'acide diester acétique F220° et de monoester acétique lactonique F125°.

III. A côté du composé (II) nous avons isolé une faible quantité d'un dérivé alcalin qui, après traitement chlorhydrique, a donné un corps F165° auquel les propriétés (faible acidité, légère coloration verte avec $FeCl_3$) et l'analyse nous ont permis d'attribuer une structure du type des oxolactones étudiées par Erlenmeyer (5), par J. Bougault (6) et ses élèves (7)(8). Ce corps, instable en milieu alcalin avec régénération des constituants, provient de la lactonisation de l'acide γ alcool α-cétonique issu de la condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzalacétone par migration d'un hydrogène du groupement $>CH_2$ de l'acide sur le carbonyle de la cétone. Nous lui proposons la structure (III)

$$C_6H_5-CH=CH-\overset{\gamma}{C}(CH_3)-\overset{\beta}{C}H-C_6H_5$$
$$\text{O} \quad\quad \text{CO}$$
$$\searrow CO \nearrow^{\alpha}$$

(III)

qui en fait l'α-oxo β-phényl γ-styrylméthylbutyrolactone.

(5) *Ann. Chem.*, 333, 1904, p. 163.
(6) *Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, 6, 1912, p. 340.
(7) Mlle Hemmerlé, *Thèse Doct. Pharm.*, Paris, 1917; *Ann. Chim.*, 9e série, 7, 1917, p. 261.
(8) J. Jarrousse, *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1937.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de dérivés du diméthoxy-3.6 octyne-4.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **René Golse**; présentée par M. Marcel Delépine.

Les éthers α-halogénés réagissent sur le dimagnésien de l'acétylène en donnant les diéthers-oxydes symétriques

$$2\,R{-}CH{<}^{X}_{OR'} + BrMg{-}C{\equiv}C{-}MgBr \rightarrow \underset{OR'}{R{-}\underset{|}{CH}}{-}C{\equiv}C{-}\underset{OR'}{\underset{|}{CH}}{-}R + Br_2Mg + X_2Mg.$$

C'est ainsi que D. Gauthier [1] a préparé une série de diéthers acétyléniques, par mise en œuvre des éthers chlorométhyliques et α-chloroéthyliques; Lespieau [2], avec divers collaborateurs, a étudié l'action de l'oxyde d'éthyle α.β-dichloré et α.β-dibromé; il a obtenu les dichloro et dibromo diéthoxy hexynes attendus.

Nous avons cherché à étendre cette réaction à divers éthers oxydes halogénés dérivant du propanal, en vue d'étudier la réactivité des éthers acétyléniques halogénés que l'on pouvait ainsi préparer. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° L'oxyde de méthyle et d'α-chloro propyle (I) réagit à froid sur le dimagnésien de l'acétylène; un seul produit a été isolé, même en utilisant un excès de magnésien : le diméthoxy-3.6 octyne-4 (II) qui, par hydrogénation partielle, en présence de palladium colloïdal de Bourguel, fournit le diméthoxy-3.6 octène-4 (III) et par saturation complète, en présence de nickel de Raney, le diméthoxy-3.6 octane (IV).

$$\underset{(I)}{CH_3{-}O{-}CHCl{-}CH_2{-}CH_3} \xrightarrow{BrMgC\equiv C{-}MgBr} \underset{(II)}{CH_3{-}CH_2{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C{\equiv}C{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_3}$$

$$\xrightarrow[(Pd\ coll)]{H_2} \underset{(III)}{C_2H_5{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH{=}CH{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C_2H_5} \xrightarrow[(Ni)]{H_2} \underset{(IV)}{C_2H_5{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C_2H_5}$$

2° L'oxyde de méthyle et de propyle α.γ-dichloré (V) (dichloro-1.3 méthoxy-1 propane), obtenu par le procédé indiqué par Dulière [3] en saturant par ClH sec un mélange d'acroléine et d'alcool méthylique, donne, avec le dimagnésien de l'acétylène, la réaction de double décomposition attendue

(1) D. Gauthier, *Ann. de Chim.*, (8), 16, 1909, p. 334-343.
(2) Lespieau et Bresch, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 170; Lespieau et Guillemonat, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1245.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1923, p. 1651.

et fournit, avec un rendement de 45 %, le dichloro-1.8 diméthoxy-3.6 octyne-4 (VI).

Hydrogéné sur Ni de Raney, en présence de potasse, le dichloro-1.8 diméthoxy-3.6 octyne-4 conduit, comme les composés précédents, au diméthoxy-3.6 octane.

$$\underset{\text{(VI)}}{ClCH_2{-}CH_2{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}C{\equiv}C{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_2Cl} \xrightarrow{H_2} \underset{\text{(IV)}}{CH_3{-}CH_2{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{OCH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_3}$$

Il présente peu d'intérêt comme produit intermédiaire pour la réalisation de nouvelles synthèses.

Les atomes de chlore sont peu mobiles : le cyanure de potassium, le malonate d'éthyle sodé et dans les conditions habituelles les alcoolates alcalins réagissent difficilement; nous avons échoué également dans les tentatives de déchlorhydratation : les réactifs habituels (KOH alcoolique, bases tertiaires, KOH solide) ou bien ne donnent rien ou conduisent à des produits résineux indistillables.

3° L'oxyde de méthyle et de propyle α.γ-dibromé (dibromo-1-3 méthoxy-1 propane), obtenu par action du brome à 0° sur l'éther α-chloré ([4]), réagit vivement sur le magnésien de l'acétylène, mais il y a résinification presque immédiate.

Avec l'éther α.β-dibromé γ-chloré : dibromo-1.2 chloro-3 méthoxy-1 propane (action du brome à froid sur l'éther α.γ-dichloré), la condensation semble normale, mais le produit qui en résulte n'a pu être isolé à l'état pur : il ne cristallise pas et se décompose à la distillation.

Partie expérimentale. — *Diméthoxy*-3.6 *octyne*-4 (II) $C_{10}H_{18}O_2$: Obtenu par action de 1 molécule de dimagnésien de l'acétylène sur 2 molécules d'oxyde de méthyle et d'α-chloropyle dilué dans 3 fois son volume d'éther, rendement 20^g (57 %) : liquide incolore, $É_{20}$ 81°; n_D^{20} 1,4337; d_4^{20} 0,881.

Analyse. — Trouvé %, C 70,01; H 10,42; calculé %, pour $C_{10}H_{18}O_2$; C 70,59; H 10,59.

Dichloro-1.8 *diméthoxy*-3.6 *octyne*-4 (VI) $C_{10}H_{16}O_2Cl_2$. Obtenu avec un rendement de 45 % : liquide jaune clair, $É_{20}$ 151°; n_D^{20} 1,4739, d_4^{20} 1,125.

Analyse. — Cl %, trouvé %, 29,17; calculé %, pour $C_{10}H_{16}O_2Cl_2$ 29,71.

Dichloro-1.8 *dibromo*-4.5 *diméthoxy*-3.6 *octène*-4 ($C_{10}H_{16}O_2Cl_2Br_2$) obtenu par action du brome en solution chloroformique sur le précédent, prismes incolores (alcool) F 69°.

Analyse. — Trouvé Cl % 17,15, Br % 41,00; calculé pour $C_{10}H_{16}O_2Cl_2Br_2$, Cl % 17,79, Br % 40,10.

([4]) W. Lauer et A. Spielman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1533.

Diméthoxy-3.6 *octène*-4 (III) $C_{10}H_{20}O_2$, par hydrogénation de (II) sur palladium colloïdal; liquide incolore, $É_{16}$ 75°, n_D^{20} 1,4312, d_4^{20} 0,869.

Analyse. — Trouvé C % 69,12, H % 11,75; calculé pour $C_{10}H_{20}O_2$ C % 69,77, H % 11,63.

Diméthoxy-3.6 *octane* (IV) $C_{10}H_{22}O_2$, hydrogénation totale de (II) et de (VI), liquide incolore $É_{18}$ 77°, n_D^{20} 1,4209, d_4^{20} 0,861.

Analyse. — Trouvé C % 68,25, H % 12,74; calculé pour $C_{10}H_{22}O_2$, C % 68,96, H % 12,64.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'isomérie de quelques composés éthyléniques*. Note (*) de M. **Alexandre Laforgue**, transmise par M. Charles Dufraisse.

On sait qu'un β-glycol primaire-secondaire fournit par déshydratation les 2 alcools α-éthyléniques correspondants et qu'un alcool α-éthylénique primaire ou secondaire fournit par chloruration au trichlorure de phosphore 2 chlorures α-éthyléniques synioniques.

Nous avons mis en évidence que :

1° Le glycol primaire-tertiaire le plus simple, le méthyl-3 butanediol-1.3 $(CH_3)^2COH-CH_2-CH_2OH$ fournissait en plus des méthyl-3 butène-2 ol-1 et méthyl-3 butène-1 ol-3 attendus, un troisième alcoool β-éthylénique, le méthyl-3 butène-3 ol-1.

2° L'alcool tertiaire α-éthylénique méthyl-3 butène-2 ol-3 fournit en plus des 2 chlorures attendus, le chloro-3 méthyl-3 butène-1 et le chloro-2 méthyl-3 butène-1, un troisième chlorure éthylénique, le chloro-1 méthyl-3 butène-3.

3° Les 3 mêmes chlorures se retrouvent quand on éthérifie une fonction alcool avant de déshydrater.

1° *Déshydratation du méthyl*-3 *butanediol*-1.3. — Le glycol tombe dans une solution sulfurique à 5 % en ébullition. On isole 4 corps en proportions comparables :

Hydrocarbure : É 34° isoprène.

Alcool : É 97° méthyl-3 butène-1 ol-3 Raman 1662 n_{16} 1,4181, d_{16} 0,8279.

$$(CH_3)^2COH-CH=CH_2.$$

R. M. : tr. 26,05; calc. 26,34 (attendu).

Alcool : É 130° méthyl-3 butène-1 ol-1 Raman 1641 n_{16} 1,4354, d_{16} 0,8551.

$$CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH_2OH.$$

R. M. : tr. 26,26; calc. 26,34 (pas attendu).

Hydrocarbure : É 180° et au-dessus : *Dipentène* et autres terpènes.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

Enfin, la fraction voisine de 140° donne la raie Raman 1676 correspondant au méthyl-3 butène-2 ol-1 attendu, en traces.

D'ailleurs on le prépare aisément à partir de l'isoprène obtenu pur par déshydratation sulfurique du méthyl-3 butène-1 ol-1. On fixe de l'acide bromhydrique molécule à molécule, puis on traite par l'acétate de sodium en solution acétique. Il distille l'acétate de méthyl-3 butyl-1 ène-2.

É 151°; n_{13} 1,4347; d_{13} 0,9341 $(CH_3)^2\,C{=}CH_2{-}CH_2OCOCH_3$ R. M. tr. 35,80; calc. 35,71.

Par saponification :

Alcool : É 141° méthyl-3 butène-2 ol-1 Raman : 1676; n_{17} 1,4480; d_{17} 0,8717;

$$(CH_3)^2C = CH_2{-}CH_2OH;$$

R. M. : tr. 26,42; calc. 26,34.

Les trois alcools sont identiques aux corps déjà préparés par d'autres procédés.

2° *Chloruration du méthyl-3 butène-1 ol-3*. — L'alcool réagit au-dessous de 50° sur le trichlorure de phosphore en quantité calculée. Le mélange de chlorures est distillé au-dessous de 50°; son spectre Raman comporte un triplet éthylénique :

Raman : 1645.	Intensité :	0,17 chloro-1 méthyl-3 butène-3	$CH_3{=}C(CH_3){-}CH_2{-}CH_2Cl$
» 1651	»	0,26 chloro-3 méthyl-3 butène-1	$(CH_3)^2CCl{-}C{=}CH_2$
» 1671	»	0,57 chloro-1 méthyl-3 butène-2	$(CH_3)^2C{=}CH{-}CH_2Cl$

Les intensités donnent une idée des proportions des trois chlorures que nous n'avons qu'incomplètement séparés.

3° *Éthérification du méthyl-3 butanediol-1-3 et déshydratation*. — Le glycol absorbe un courant d'acide chlorhydrique sec avec dégagement de chaleur mais sans phénomènes visibles. Dès qu'on chauffe pour distiller, il y a démixtion de deux phases; il y a probablement eu formation d'un mono-éther chlorhydrique se déshydratant en chlorure éthylénique.

Après élimination de l'eau on obtient 4 fractions. Le spectre Raman de la fraction 100-109° comporte un doublet éthylénique.

34- 40°	15 %	....	Isoprène
40-100°	16 %	....	Choro-3 méthyl-3 butène-1
100-109°	39 %	Raman 1643 Intensité 0,2..	Choro-1 méthyl-3 butène-3
		Raman 1671 Intensité 0,8..	Choro-1 méthyl-3 butène-2
109-151°	23 %	....	Dichlorure
	7 %	....	résidu.

Les proportions des 3 isomères sont donc grossièrement :

Chloro-1 méthyl-3 butène-3	0,15	cf. 2°	...0,17	égales dans les deux cas
Chloro-3 méthyl-3 butène-1	0,29		...0,26	
Chloro-1 méthyl-3 butène-2	0,56		...0,57	

Interprétation. — La troisième expérience montre que la déshydratation du

mono-éther chlorhydrique est plus facile en α qu'en β conformément aux résultats classiques sur la mobilité de l'hydrogène.

On peut comprendre l'absence presque complète de méthyl-3 butène-2 ol-1 si l'on fait intervenir un mono-éther sulfurique. Fixé dans la position qui l'éloigne le plus du deuxième oxygène, le radical SO_3H capterait un atome d'hydrogène des carbones primaires.

La formation du chlorure β-éthylénique s'explique commodément en passant par l'ion quadripolaire analogue à l'isoprène activé. Les probabilités de fixation du chlore seront les mêmes que pour le glycol. Lorsqu'il se fixe en bout de chaîne les probabilités de désactivation de l'ion tripolaire restant seront les mêmes que celles de déshydratation de la molécule de mono-éther chlorhydrique $(CH_3)^2COH—CH_2—CH_2Cl$.

SÉISMOLOGIE. — *Les ondes séismiques des explosions d'Haslach (Forêt-Noire).* Note (*) de MM. **Jean-Pierre Rothé**, **Élie Peterschmitt** et **Pierre Stahl**, transmise par M. Charles Maurain.

Le Général de division Humbert et le colonel d'Anselme ont bien voulu autoriser l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg à entreprendre une série d'expériences sur la propagation des ondes séismiques engendrées par d'importantes explosions (73 et 11 tonnes) faites les 28 et 29 avril 1948 dans la carrière souterraine d'Haslach, au cœur du massif granitogneissique de la Forêt-Noire (48°16′N, 8°07′E). Prévenu par nos soins, le docteur Fraser a invité les docteurs Bartels et Schulze à participer à ces expériences ([1]). Les séismographes portatifs ont été installés sur un profil NW-SE du Rhin aux contreforts des Alpes suivant une ligne Strasbourg-Haslach-Rottweil-Ravensbourg-Kempten.

Grâce à un réseau téléphonique spécial, quatre des séismographes installés sur le profil Haslach-Rhin à 2, 10, 22 et 30^{km} du point d'explosion inscrivaient synchroniquement l'instant de l'explosion et les signaux horaires donnés par une pendule directrice. Les séismographes installés par l'Institut géophysique de Gœttingen inscrivaient par l'intermédiaire de postes récepteurs les signaux horaires émis par Radio-Munich, suivant un dispositif déjà mis à l'épreuve à l'occasion de l'explosion d'Héligoland. En outre les ondes séismiques furent enregistrées dans les observatoires fixes de Strasbourg, Messtetten, Stuttgart, Bâle, Zurich, Neuchâtel et Coire.

Un bref résumé du dépouillement des séismogrammes est indiqué ci-après.

1° Les débuts des inscriptions obtenues dans les cinq stations les plus proches (situées sur le massif granito-gneissique de la Forêt-Noire ou à son

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) Le lieutenant Degianpetro, chef de l'équipe de destruction, a été pour nous un précieux collaborateur.

voisinage immédiat) définissent une onde longitudinale P_1 très nette dont l'hodochrone a pour équation $t_1 = D : 5{,}63 + 0{,}14$.

La valeur de la vitesse ainsi mesurée (5630 m/sec.) est en bon accord avec celles généralement admises pour la propagation des ondes $\overline{P}$ ou Pg dans la couche dite *granitique*. Cette valeur ne justifie pas la distinction faite par certains auteurs entre les vitesses de propagation des ondes d'explosions et celles des séismes naturels.

2° Pour les stations situées dans le fossé rhénan (Griesheim, $D = 30^{km},01$; Zierolshoffen, $D = 41^{km},19$; Strasbourg, $D = 43^{km},58$), les ondes P_1 arrivent avec un léger retard : $0^s,25$ à Griesheim, $0^s,41$ à Zierolshoffen, $0^s,2$ à Strasbourg. Ce retard est dû à la grande épaisseur de terrains quaternaires et tertiaires du fossé rhénan; cependant ce retard est relativement faible.

3° A partir d'une distance de 80^{km} les débuts des inscriptions sont en avance systématique sur les temps de propagation des ondes P_1. Ces débuts définissent une onde longitudinale P_2 de vitesse 6410 m/sec. dont l'équation est $t_2 = D : 6{,}41 + 2{,}8$. Cette onde a dû se propager dans la première couche intermédiaire (*basaltique ?*) dont la mise en évidence est ici très nette, contrairement aux observations faites lors de l'explosion d'Héligoland.

Un calcul classique de prospection séismique fournit l'épaisseur h_1 de la couche granitique. On trouve $h_1 = 16 \pm 0^{km},5$.

4° L'examen des inscriptions a montré que la surface de discontinuité granite-basalte forme un bon *miroir de réflexion*. Des impetus caractéristiques ont été observés en 4 stations : $5^s,904$ à $10^{km},32$; $6^s,56$ à $22^{km},56$; $7^s,64$ à $26^{km},67$; $12^s,12$ à $55^{km},56$. L'épaisseur de la couche granitique qui en résulte varie de façon continue entre $14^{km},6$ à l'Ouest de la Forêt-Noire et $19^{km},8$ sous le plateau Souabe.

La couche *basaltique* qui paraît ne pas exister sous l'Allemagne du Nord forme au contraire entre l'Alsace et la Souabe le réservoir qui a alimenté les éruptions tertiaires de Kaiserstuhl, du Jura souabe, du Ries, etc.

5° Aux stations les plus éloignées (140 à 190^{km}) l'onde parvenue la première et dont l'énergie est faible a une vitesse de 8130 m/sec. définie par l'équation $t_3 = D : 8{,}13 + 7{,}0$. Le calcul basé sur l'intersection des droites définies par les deux dernières équations ci-dessus conduit à admettre une épaisseur h_2 de la couche basaltique de l'ordre de 14 à 15^{km}.

La profondeur de la surface de discontinuité de Mohorovičić dans l'Allemagne du Sud serait donc seulement de 30 à 32^{km}, valeur notablement plus faible que celle généralement admise, 50^{km}, par l'étude des séismes naturels. Elle est cependant un peu plus forte que la valeur calculée, à l'occasion de l'explosion d'Héligoland, sous l'Allemagne du Nord : $26^{km} \pm 2^{km}$, British National Committee for Geodesy and Geophysics (²); 26^{km}, J. P. Rothé (³).

(²) *Report of seismic Work on the German Explosions*, 1946-1947.

(³) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1572-1574 et Note complémentaire ronéotypée.

6° L'étude des ondes transversales est plus délicate; seules les ondes S_1 sont bien définies dans les stations rapprochées; leur vitesse est d'environ 3 300 m/sec.

Il est probable que la division de l'écorce en deux couches est trop schématique et certaines phases observées dans le dépouillement des séismogrammes de l'explosion d'Haslach semblent indiquer l'existence, au moins lenticulaire, de plusieurs zones à l'intérieur de la couche intermédiaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur la radioactivité d'un granite des Vosges par la méthode photographique.* Note (*) de Mme **Arlette Hée**, transmise par M. Charles Maurain.

La méthode photographique préconisée par Mme I. Joliot-Curie [1] a été récemment utilisée par J. H. Poole et J. W. Bremner [2] pour étudier la radioactivité d'un granite finnois. L'étude d'un granite des Vosges a été également entreprise par la même méthode. Un des premiers buts poursuivis a été l'essai de la localisation précise des substances actives dans les trois principaux éléments constitutifs d'un granite.

L'échantillon choisi provient de la carrière de Bonne-Fontaine, près du Tholy (Vosges). Ce granite devait être particulièrement propice à de telles recherches, ses biotites étant farcies de halos pléochroïques et de zircons supposés, d'après la théorie de Joly [3], en relation étroite avec l'uranium et le thorium contenus dans la roche.

Un contact serré fut maintenu, entre une lame mince du granite (3/100 de millimètre cube d'épaisseur) et une plaque Ilford, du 16 avril au 7 mai. Après ce temps, et avant le développement, la moitié de la préparation fut éclairée pendant quelques secondes afin de délimiter les surfaces des biotites. Celles-ci sont moins transparentes que les autres substances formant la roche. Elles donnent, en négatif, les stries blanches et sombres correspondant aux plans de clivage. Les zircons qu'elles contiennent forment des taches noires, et les halos, des taches blanches. Le quartz et le feldspath, totalement transparents, donnent de grandes surfaces noires. La substance radioactive, dans ces conditions, ne peut être identifiée par les trajets des rayons α que dans les parties claires correspondant aux biotites. L'autre moitié de la préparation, roche-plaque Ilford, qui n'a pas été exposée à la lumière, sert pour l'étude de la répartition des trajets dans toute la gélatine et, par conséquent, pour l'étude de la radioactivité dans tous les éléments du granite.

De plus, la photographie directe de la lame à un assez fort grossissement et

(*) Séance du 26 juillet 1948.

(1) *J. de Phys. et Rad.*, 1946, p. 313.

(2) *Nature*, **161**, 1948, p. 884.

(3) *Nature*, **109**, p. 517 et 578.

l'utilisation d'un quadrillage à échelle appropriée permettent de repérer rapidement les biotites dont les formes sont très souvent caractéristiques. Leurs coordonnées dans le plan sont ainsi facilement déterminées. Il en est de même pour leurs images négatives qui gardent, approximativement, leurs formes symétriques par rapport à un plan. On comprend que cette façon d'opérer puisse permettre d'identifier, sans hésitation, telles parties d'une biotite correspondant à tels trajets photographiés. Toutefois, il est utile de faire la comparaison des trajets obtenus dans les deux parties de la plaque pour être certain que les biotites, plus ou moins opaques, ne troublent pas la photographie de ces trajets. L'examen des diverses reproductions montre, en général, que les traces des particules α ne sont pas perturbées.

Les zircons ont pour forme cristalline un prisme bipyramidé à base carrée. Dans la lame mince, ces cristaux présentent, principalement, deux sortes de sections. Les unes sont polygonales, parce que les faces du prisme sont plus ou moins érodées, elles se rapprochent d'un cercle; les autres, parallèles à l'axe quaternaire, ont une forme elliptique très allongée.

Un certain nombre de sections allongées de zircon se sont révélées très actives. Elles ont fourni, dans les deux parties de la plaque Ilford, de véritables *buissons* de trajets, dont les longueurs, en général, correspondent aux parcours, dans la gélatine, compte tenu de l'absorption des divers rayons α émis par les corps de la famille de l'uranium. Cependant, au contact immédiat du zircon, des traces importantes n'ont pas encore été identifiées.

Des étoiles complexes ont été également obtenues, elles semblent provenir de zircons dont les sections sont perpendiculaires à l'axe quaternaire. Les trajets sont beaucoup moins denses que dans le cas précédent.

Tous les zircons ne montrent pas une grande activité, certains semblent peu actifs ou même inactifs. Toutefois, on doit dire que l'intensité des photographies joue un rôle important dans cette étude. Les trajets, près des bords des zircons, se révèlent plus facilement que ceux qui en sont éloignés et il est donc nécessaire de faire des développements très poussés.

J'ai vérifié que les halos pléochroïques non accompagnés de zircon, dans la lame mince, ne sont pas radioactifs et j'admets que deux centres actifs importants, localisés dans deux masses noires, sans forme précise, masquant les stries de la biotite, sont dus à la présence de tranches minces de zircon. Celles-ci seraient en surface et rendues invisibles par le halo qui accompagne chaque cristal actif.

L'examen des trajets dans la partie ne portant pas la roche en surimpression, conduit à penser que le quartz et le feldspath ne contiennent que de rares traces isolées de parcours. Cependant une étude quantitative précisera ce point. Les étoiles et les *buissons* ne doivent se trouver que dans les biotites et plus spécialement associés aux zircons. Cette constatation confirme les résultats

trouvés par Piggot [4]. L'existence, dans la plaque négative, d'une plage blanche entourant un zircon actif, est en accord avec l'idée de Joly que les halos dans la roche sont dus à l'ionisation de la substance par les rayons α. Mais les halos eux-mêmes ne sont pas actifs.

Des reproductions de photographies accompagneront une publication plus étendue de ce travail. Ces premiers résultats, surtout qualitatifs, justifient des recherches plus poussées qui sont en cours.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le comportement des satellites, au cours de la cinèse, dans un noyau de type euchromocentrique :* l'Echium asperrimum *Lamk.* Note (*) de M. **Edmond Doulat**, présentée par M. René Souèges.

Dans une Note récente [1] nous avons signalé la particularité des satellites d'*Echium asperrimum*, d'être indépendants du nucléole à l'interphase. Nous décrivons ici leur comportement au cours de la mitose [2].

Les quatorze euchromocentres dénombrables à l'interphase comprennent douze petits corpuscules punctiformes ou ovoïdes sensiblement égaux et deux gros euchromocentres arrondis ou ovoïdes, ellipsoïdaux ou allongés comme un gros cordon épousant exactement le contour du noyau. Toujours Feulgen-positifs, d'une teinte rouge violet intense, ils présentent une structure chromonématique avec chromonéma et matrix bien distincts. Placés l'un à côté de l'autre (*fig.* 1) ou s'éloignant jusqu'à être diamétralement opposés (*fig.* 2), ils occupent toujours la périphérie du nucléoplasme et n'ont, de ce fait, aucun contact avec le nucléole. Ces deux corpuscules dérivent des deux gros chromosomes satellifères, à bras inégaux, visibles à la métaphase (*fig.* 5) et à région d'insertion fusoriale subterminale.

A l'interphase, la présence d'un satellite dans le voisinage de chacun d'eux, plus ou moins dans le prolongement de leur grand axe, prouve que les gros euchromocentres correspondent au petit bras (partie proximale) du chromosome et que cette dernière région subsiste seule après les phénomènes de catachromase. On vérifie ainsi avec une certitude, à notre avis jamais atteinte, l'hypothèse de Grégoire (1907, 1932) [3]. L'observation des satellites est malaisée du fait de leur petitesse. Ces corpuscules arrondis sont situés près des gros euchromocentres et en ont la coloration après la réaction de Feulgen. Le plus souvent, ils sont reliés à ces derniers par un filament ténu et court,

---

[4] *Am. J. Sc.*, 17, 1929, p. 27.

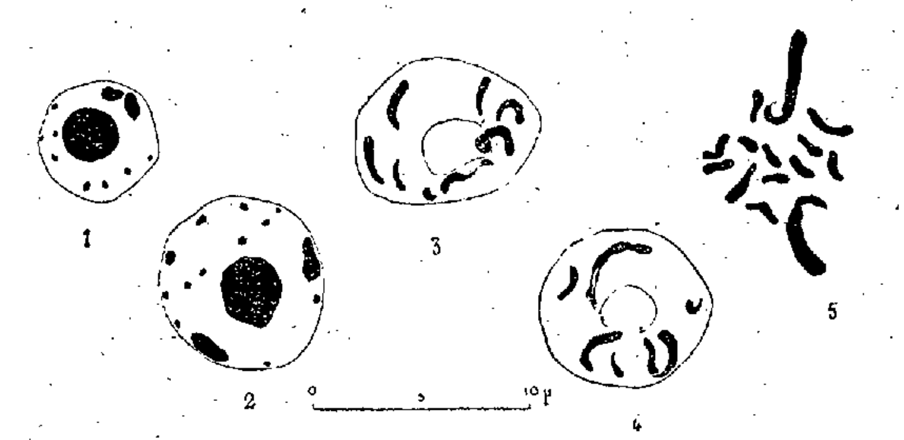
(*) Séance du 12 juillet 1948.

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1999.

[2] Le matériel (extrémités méristématiques de jeunes racines) mis à notre disposition par R. de Litardière, provient de la Pointe du Plomb, près La Rochelle.

[3] Les euchromocentres résultent de la déchromotinisation des chromosomes télophasiques « à laquelle n'échappe que la région d'insertion ».

toujours Feulgen-positif quand il est observable, incliné par rapport au grand axe de l'euchromocentre. Ils paraissent ainsi se diriger vers le centre du noyau, mais restent cependant toujours à une certaine distance du nucléole, et cela même chez les noyaux où l'auréole périnucléolaire est à peu près inexistante (*fig.* 1 et 2). L'éloignement du nucléole et des satellites ne peut



Les structures chromonématiques n'ont pas été représentées.

donc être imputé à la contraction du nucléoplasme sous l'action des agents fixateurs. Le comportement des satellites et des filaments de *l'E. asperrimun* se présente donc comme une exception au cycle évolutif tracé notamment par Fernandes en 1937 ([4]).

Les relations entre satellites et nucléole sont évidentes au cours de la cinèse et, dès le début de la prophase, des contacts paraissent s'établir. Le filament satellifère ne repose pas à la surface du nucléole; seul le satellite, placé à sa périphérie, est en relation avec lui. Celle-ci est rendue possible par une inclinaison plus ou moins prononcée du filament tandis que le grand axe de l'euchromocentre demeure à peu près parallèle au contour du noyau. De très bonne heure, le gros euchromocentre évolue rapidement en un volumineux chromosome satellifère, presque entièrement constitué quand les ébauches des autres chromosomes ont encore des formes en virgule. Une bipartition des satellites est visible à cette période. Elle est impossible à observer chez les filaments, mais on la retrouve indubitablement dans le corps du chromosome satellifère. Les relations entre celui-ci et le nucléole, à l'exclusion de tous autres chromosomes, paraissent persister pendant la prophase par l'intermédiaire du satellite (*fig.* 4). Nous avons cependant observé (*fig.* 3) des aspects dans lesquels satellites et nucléole ont perdu tout contact.

Le processus de la télophase ne correspond pas à nos descriptions antérieures. Au lieu d'apparaître sous forme de nombreuses gouttelettes qui confluent peu à peu en un corpuscule unique, la substance nucléolaire se trouve condensée, dès le début, en deux globules entourés par un amas de chromo-

---

([4]) « ... il (le filament) restera pendant la télophase et l'interphase comme un filament très mince, à la surface du nucléole, relié d'un côté au satellite et au corps chromosomique de l'autre » (*Bull. Soc. Bot.*, 2e série, **12**, 1937, p. 135).

somes. Chacun d'eux contient un chromosome satellifère bien reconnaissable à sa grande taille et à sa forte chromaticité. L'évolution est rapide; quand les deux corpuscules nucléolaires sont décelables par leur teinte verdâtre (au Feulgen-vert lumière), les gros chromosomes ont déjà subi les phénomènes de catachromase, et il est impossible de préciser les relations pouvant exister entre tous les éléments. Les deux corpuscules fusionnent ensuite pour former un volumineux nucléole central qui n'a aucun contact avec les euchromocentres.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution du contenu glucidique des tubercules de Topinambours et de leurs germes à la fin de la période de conservation.* Note de M. **Paul Hanower**, présentée par M. Raoul Combes.

Au cours des recherches poursuivies depuis trois ans sur l'évolution des glucides dans plusieurs variétés de Topinambours, j'ai remarqué que le pouvoir rotatoire évoluait en général en devenant plus lévogyre qu'il n'était indiqué dans les travaux antérieurs. Cette évolution est particulièrement active au printemps, au moment où le tubercule commence à pousser.

En effet, les recherches antérieures ont relativement peu porté sur cette période finale de la vie du tubercule, et d'autre part les observations ont été faites d'ordinaire sur les tubercules entiers tandis que mes mesures étaient pratiquées sur la partie proprement tubérisée du tubercule, en éliminant les nodosités qui se trouvent à sa surface au voisinage de chacun des germes.

J'ai mesuré systématiquement le contenu glucidique de ces nodosités et du germe qui fait corps avec elles, et j'ai constaté que cette portion du tubercule possède constamment un contenu glucidique très différent du reste du tubercule, beaucoup moins lévogyre ou beaucoup plus dextrogyre. Quelques chiffres portant sur 5 variétés différentes permettent d'illustrer ces deux remarques.

De l'examen de ce tableau, il résulte que, quelle que soit la variété, les nodosités et les germes ont constamment un pouvoir rotatoire plus positif ou moins négatif que le reste du tubercule. D'autre part, au fur et à mesure que la poussée des germes se développe, l'hydrolyse naturelle avançant dans le tubercule aux dépens de l'inuline, fait apparaître des sucres solubles et réducteurs en quantité croissante et d'un pouvoir rotatoire de plus en plus négatif. Les germes, en poussant, suivent la même évolution, mais restent constamment moins lévogyres que la portion tubérisée du tubercule au même moment.

Ces indications sont à porter comme un complément aux nombreuses recherches déjà accomplies sur le Topinambour; elles permettent de lever certaines contradictions entre différents résultats où la nature exacte de l'organe ou de la portion de l'organe analysée n'avait pas été clairement définie; elles permettent également de comprendre une des raisons pour lesquelles les variétés de topinambours à surface relativement lisse presque dépourvue de nodosités ont, pour l'ensemble de leur tubercule, un pouvoir

TABLEAU. — *Contenu glucidique des différentes parties du tubercule chez diverses variétés de Topinambours* (en % de matière fraîche).

Variété *Daniel*.

Date.	Organe analysé.	[α].	Sucre réducteur.	Saccharose.	Sucre total.
6 janvier 1947.	Tubercule	— 3°	0,068	2,44	19,99
	Germes	+ 41°	traces	3,6	11,83
18 avril 1947.	Tubercule (¹)	— 25°	0,98	1,75	15,26
	Tiges de 25cm (¹)	+ 18°	1,62	1,31	4,93
18 avril 1947.	Tubercule (²)	— 27°	2,41	3,41	14,85
	Tiges de 3-5cm (²)	0°	0,6	1,21	3,94
8 mai 1947.	Tubercule	— 43°	3,08	4,60	8,12
	Tiges de 38-50cm, apex	— 24°	1,68	2,0	4,36
	» base	— 8°	1,26	2,71	8,55

Variété *Moscou*.

Date.	Organe analysé.	[α].	Sucre réducteur.	Saccharose.	Sucre total.
6 janvier 1947.	Tubercule	+ 2°	traces	2,89	18,7
	Germes	+ 17°	traces	3,01	13,44
30 mai 1947.	Tubercule	— 34°	3,31	3,65	8,51
	Tiges de 60cm	+ 34°	0,58	3,65	4,64

Variété *Patate*.

Date.	Organe analysé.	[α].	Sucre réducteur.	Saccharose.	Sucre total.
3 mars 1947.	Tubercule	+ 6°	0	3,26	16,13
	Germes	+ 36°	traces	3,96	8,74
	Tubercule + Germes	+ 12°	traces	4,16	17,11
2 mai 1947.	Tubercule	— 11°	1,35	3,90	11,55
	Tiges de 7-11cm	+ 5°	1,09	2,17	3,92
	Germes moins développés	— 33°	0,8	1,53	3,35

Variété *Piédallu* 19.

Date.	Organe analysé.	[α].	Sucre réducteur.	Saccharose.	Sucre total.
24 mars 1947.	Tubercule	— 7°	0,042	1,87	20,18
	Germes	+ 10°	0,32	1,98	4,48

Variété *Piédallu* 17.

Date.	Organe analysé.	[α].	Sucre réducteur.	Saccharose.	Sucre total.
5 mai 1947.	Tubercule	— 38°	3,64	4,36	9,1
	Germes peu développés	— 20°	0,91	1,46	2,69
	Tiges de 20-40cm	0°	1,03	1,56	4,0

Nota. — [α] est le pouvoir rotatoire avant hydrolyse; sous le nom de *tubercule* on désigne l'organe dépourvu des germes et des nodosités; sous le nom de *germes* ou de *tiges* on comprend aussi les nodosités superficielles du tubercule qui leur sont accolées.

(¹) Spécimens conservés en silos en terre depuis la récolte.
(²) Spécimens laissés en place et récoltés le jour de l'analyse.

rotatoire toujours plus lévogyre que les variétés à tubercule irrégulier et rugueux en raison de la faible part que prennent les nodosités dans les premières et du fait que des sucres plus dextrogyres et moins lévogyres prédominent constamment dans les germes et les nodosités.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les substances de réserve et leurs transformations pendant la germination chez quelques graines de Légumineuses.* Note (*) de M. **Raymond Quilichini**, présentée par M. René Souèges.

Dans une Note précédente ([1]), faisant suite à un travail de P. Dangeard, nous avions entrepris l'étude cytologique des réserves de quelques graines de Légumineuses pendant leur germination. Nous nous proposons actuellement, sur le même matériel, de faire l'étude chimique, et nous essayerons de retrouver, donc de contrôler, l'évolution que nous avions suivie au microscope.

Les réserves étudiées sont : les protides, les lipides totaux, les glucides (amidon, sucres hydrolysables, sucres réducteurs initiaux). Elles n'ont pas fait jusqu'à présent l'objet d'études complètes et comparées. La germination a été conduite dans une étuve électrique réglée à 23°. Les dosages ont été effectués sur les graines avec leurs téguments et au bout de 1, 3, 6, 9 jours de germination. Le tableau qui suit donne en grammes les résultats obtenus, rapportés à 100 graines.

L'aleurone dans ces trois graines représente bien la matière protéique de réserve; au fur et à mesure de sa transformation en vacuoles, la dilution augmente, l'N protéique diminue et l'N soluble augmente lentement; quand le stade univacuolaire est atteint, vers le neuvième jour chez le *Cytisus alpinus* et le *Cercis siliquastrum*, vers le sixième jour chez le *Dorycnium suffruticosum*, on note une augmentation nette du rapport N soluble/N total qui correspond à la fin de l'hydrolyse des protides de réserve. Nous avons constaté que les précipités vacuolaires, préformés chez le *Cytisus alpinus*, provoqués par le rouge neutre chez les deux autres graines, disparaissaient complètement à ce même moment : nous pouvons donc bien les considérer comme les dernières substances azotées de réserve en voie d'hydrolyse.

L'évolution des lipides est facile à suivre au microscope; nous avons noté leur présence dans les trois graines, abondante chez le *Cytisus alpinus*, puis leur lente disparition; chimiquement nous avons vérifié ce résultat.

L'amidon est le seul glucide dont nous ayons suivi l'évolution au microscope; nous avons noté sa présence abondante chez le *Dorycnium suffruticosum*, son absence chez le *Cercis siliquastrum* et le *Cytisus alpinus*, nous avons contrôlé ce résultat; nous avons noté chez le *Dorycnium suffruticosum*, la disparition pro-

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 690.

gressive de l'amidon : vers le premier jour un arrêt momentané, puis une lente augmentation et vers le sixième jour une stabilisation. Chez le *Cercis siliquastrum*, l'amidon apparaît vers le neuvième jour, chez le *Cytisus alpinus* après le sixième jour. L'apparition de cet amidon transitoire coïncide nettement avec la mise en marche de la photosynthèse chez ces graines dont les cotylédons deviennent ainsi des feuilles assimilatrices. On ne doit pas la considérer, ici, comme liée aux produits d'hydrolyse des autres substances de réserve : cette formation est nettement indépendante de toute autre transformation chimique.

	Graines non germées.	Germination		
		1er jour.	3e jour.	6e jour.
Dorycnium suffruticosum Vill.				
Variation de la teneur en matières sèches...	0,202	0,195	0,184	0,148
» des lipides totaux.............	0,019	0,014	0,013	0,008
» des glucides..................	—	—	—	—
Totaux..........................	0,052	0,051	0,048	0,044
Sucres réducteurs initiaux..........	0	0,010	0,020	0,021
Sucres hydrolysables...............	0,040	0,038	0,015	0,012
Amidon..........................	0,012	0,003	0,013	0,011
Variation des protides : N total...........	0,012	0,012	0,011	0,005
Rapport N soluble/N total..........	—	0,080	0,088	0,139

	Graines non germées.	Germination		
		3e jour.	6e jour.	9e jour.
Cytisus alpinus Mill.				
Variation de la teneur en matières sèches...	2,260	2,180	2,160	1,650
» des lipides totaux.............	0,490	0,480	0,278	0,268
» des glucides..................	—	—	—	—
Totaux..........................	0,361	0,290	0,200	0,210
Sucres réducteurs initiaux..........	0,016	0,050	0,060	0,070
Sucres hydrolysables...............	0,345	0,240	0,140	0,100
Amidon..........................	0	0	0	0,040
Variation des protides : N total...........	0,16	0,15	0,14	0,08
Rapport N soluble/N total..........	—	0,13	0,14	0,41
Cercis Siliquastrum L.				
Variation de la teneur en matières sèches...	1,616	1,611	1,590	1,307
» des lipides totaux.............	0,221	0,182	0,178	0,159
» des glucides..................	—	—	—	—
Totaux..........................	0,350	0,330	0,290	0,280
Sucres réducteurs initiaux..........	0,009	0,060	0,079	0,088
Sucres hydrolysables...............	0,341	0,270	0,211	0,192
Amidon..........................	0	0	0	0
Variation des protides : N total...........	0,344	0,053	0,047	0,020
Rapport N soluble/N total..........	—	0,15	0,17	0,46

GÉOBOTANIQUE. — *Sur la flore des Algues marines du Maroc occidental.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. René Souèges.

Les Algues marines citées au Maroc sont le plus souvent des Algues observées à Tanger dont la situation est assez exceptionnelle. Ayant réuni au cours de nombreux séjours répartis sur quinze années une collection étendue des Algues de la région atlantique marocaine (environ 290 espèces sans compter les Cyanophycées), nous pouvons établir une comparaison avec les régions voisines.

Parmi les Algues de nos récoltes, 120 environ sont nouvelles pour le Maroc occidental (1). Nous ne citerons que les plus caractéristiques ou les plus communes d'entre elles et parmi les Chlorophycées : *Chætomorpha ærea* Kütz. et *Ch. pachynema* Mont., *Ulvella Setchellii* P. Dang., *Enteromorpha Linza* (L.) J. Ag., *Derbesia Lamourouxii* (J. Ag.) Solier, *Bryopsis Balbisiana* Lamour.; parmi les Phéophycées : *Bachelotia fulvescens* (Thur.) Ham., *Feldmannia globifera* (Kütz.) Ham., *F. Rallsiæ* Vickers, *Streblonema deformans* (P. Dang.) Ham., *Leathesia difformis* (L.) Aresch., *Cutleria adspersa* (Roth) De Not., *Dilophus Fasciola* (Roth) Howe; parmi les Floridées : *Bangia fusco-purpurea* (Dillw.) Lyngb., *Erythrotrichia Welwitschii* (Rupr.) Batt., *Acrochætium Daviesii* Näg., *Rhodocorton Rothii* (Turt.) Näg., *Asparagopsis armata* Harvey, *Gelidiella tenuissima* (Thur.) Feldm., *Gelidium spathulatum* (Kütz.) Born., *G. pusillum* (Stackh.) Le Jol., *Hildenbrandia prototypus* Nardo, *Solieria chordalis* J. Ag., *Rhodophyllis appendiculata* J. Ag., *Gracilaria armata* Ag., *Cordylecladia conferta* Schousb., *Gigartina falcata* J. Ag., *Champia parvula* (C. Ag.) Harv., *Antithamnion plumula* (Ell.) Thur., *Crouania attenuata* (Bonn.) J. Ag., *Ceramium echionotum* J. Ag., *Spyridia aculeata* (Schimp.) Kütz., *Spermothamnion capitatum* (Schousb.) Born., *Ptilothamnion Pluma* (Dillw.) Thur., *Pleonosporium flexuosum* (Ag.) Born. *Neomonospora pedicellata* (Sm.) G. Feldm. et M. *Griffithsia opuntioides* J. Ag., *Ophidocladus Schousbœi* (Tur.) Falk., *Pterosiphonia thuyoides* Schm., *P. parasitica* (Huds.) Falk., *Ctenosiphonia hypnoides* (Welw.) Falk., *Myriogramme minuta* Kyl., *Heterosiphonia Wurdemanni* (Bailey) Falk.

Si l'on compare cette flore à celle de Tanger, on voit qu'environ une centaine d'espèces tangéroises ne se retrouvent pas sur la côte atlantique marocaine : Algues de profondeur, épaves favorisées par les courants du détroit, mais aussi Algues atlantiques ou méditerranéennes ayant leur limite à Tanger, ou bien encore Algues méditerranéennes et canariennes dont l'absence sur la côte maro-

(1) Nous prenons comme base le catalogue de Gattefossé et Werner (*Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, 15, 1935).

caine occidentale peut s'expliquer sans doute par la température de l'eau moins élevée en été que dans la Méditerranée ou aux Canaries.

La flore du Maroc atlantique ne manque pas de ressemblance avec celle des Canaries, cependant beaucoup d'espèces subtropicales de cette flore font défaut au Maroc, en tout 174 espèces, parmi lesquelles les *Caulerpa* et la plupart des Siphonocladales, les *Liagora*, les *Galaxaura*. Réciproquement beaucoup d'Algues qui comptent parmi les dominantes de la flore marocaine manquent aux Canaries. Nous citerons : *Sacchoriza bulbosa* (Huds.) la Pyl., *Phyllaria reniformis* (Lam.) Rost., de nombreux *Cystoseira* dont *C. myriophylloides* Sauv. et *C. fibrosa* C. Ag., *Bifurcaria tuberculata* Stackh., *Gelidium attenuatum* (Turn.) Ag., *Gigartina mamillosa* (Good. et W.) J. Ag., *G. Teedii* Lam., *Gymnogongrus patens* J. Ag., *Calliblepharis jubata* et *ciliata* (Huds.) Kütz., *Rhodymenia palmetta* Grev. var. *Elisiæ* Lam., *Pterosiphonia complanata* (Clem.) Falk., *Tenarea tortuosa* (Esp.) Lam. Certaines Algues communes au Maroc sont même d'une rareté extrême aux Canaries : *Gelidium sesquipedale* Thur., *Scinaia furcellata* (Turn,) Biv., *Cystoseira ericoides* (L.) Ag., *Gracilaria multipartita* Ag. En tout 140 espèces marocaines manqueraient aux Canaries. On voit donc que la flore algologique canarienne est relativement très différente de la flore marocaine voisine et que les espèces de grande taille et communes sont en général différentes d'une région à l'autre.

La flore algologique marocaine renferme toutefois un certain nombre d'espèces de mers chaudes ou tempérées dont les plus proches stations connues sont fort éloignées. De ce nombre sont *Callymenia schizophylla* (Harv.) J. Ag. de l'Afrique du Sud et des îles du Cap-Vert, *Hypoglossum tenuifolium* (Harv.) Kütz. d'Amérique septentrionale, *Chondria arcuata* Holl., de la Californie du Sud, *Gracilaria cervicornis* (Turn.) J. Ag. et *Hypnea spinella* Kütz. des Antilles, *Platysiphonia miniata* (Ag.) Börg. de Cadix et de l'Afrique australe. *Spatoglossum* Areschougii J. Ag. et *Gelidiella Sanctarum* Feldm. et Ham. des Antilles, enfin une Delesseriacée, encore non classée, dont l'espèce la plus voisine paraît être le *Bartoniella crenata* (Ag.) Kyl. du Cap de Bonne-Espérance.

Quelques espèces sont nouvelles et ne sont connues jusqu'ici qu'au Maroc : *Rhodymenia cæspitosa* P. Dang., *Gracilaria vermiculata* nob., *Rhodymenia delicatula* nob., *Enteromorpha tuberculosa* nob. Les espèces encore non signalées seront décrites prochainement.

La répartition des Algues sur la côte atlantique marocaine trouve sans doute en partie son explication dans la température relativement basse des eaux de surface jusqu'à la latitude d'Agadir, et même plus au Sud, les venues d'eau froide à 14 ou 16° s'intercalant entre des eaux plus chaudes à température de 22 à 23° ainsi que l'ont établi les travaux encore inédits de M. Furnestin.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Différents aspects cliniques de la mosaïque du Tabac en rapport avec l'existence de plusieurs virus de cette maladie.* Note (*) de M. **Eugène Dschunkowsky**, transmise par M. Joseph Magrou.

L'étude de la mosaïque du Tabac a permis de déterminer en Amérique toute une série de caractères à l'aide desquels on a pu distinguer plusieurs virus différents de cette maladie.

C'est ainsi qu'on connaît maintenant *Nicotania virus* 1 (Meyer) Allard avec ses variétés 1A, 1B, 1C, et 1D et *Nicotania virus* 1-15.

Il est difficile de dire actuellement si ces virus forment des espèces bien différentes.

En plus de ces virus, on connaît également le groupe *Lycopersicum* (1-6) qui est commun au Tabac et à la Tomate.

On ne peut encore dire lesquels de ces virus existent en Europe, mais en tout cas la mosaïque est une des maladies du Tabac les plus répandues en Yougoslavie.

Ayant été chargé par le Monopole d'État de l'étude de cette maladie, j'ai pu pendant plusieurs années l'observer dans les plantations de Tabac en même temps que l'étudier dans mon laboratoire [1] (Service de Parasitologie à l'Institut d'Hygiène de Belgrade).

En infectant les jeunes plantes de Tabac élevées au laboratoire et appartenant à plusieurs variétés par les virus de provenances différentes, j'ai pu suivre l'évolution de la maladie à partir de ses premiers symptômes.

Les résultats de mes observations ont été en partie exposés dans une communication au XIVe Congrès International d'Agriculture à Bucarest en 1929. Les résultats définitifs peuvent être résumés ainsi :

1° Il existe un virus de la mosaïque (que j'ai dénommé virus C) qui ne peut être transmis que par des insectes. Tandis que la maladie provoquée par ce virus est très répandue dans certaines plantations, sa transmission par les méthodes usuelles est impossible au laboratoire.

Les plants de Tabac dans les plantations yougoslaves sont parasités, d'après Mme A. Braguine, ma regrettée collaboratrice, par les insectes suivants : *Thrips tabaci* Lind., *Aphis* sp., et les jeunes plantes, en plus de ces espèces, le sont encore par des espèces appartenant à la famille de *Cicadellidæ*.

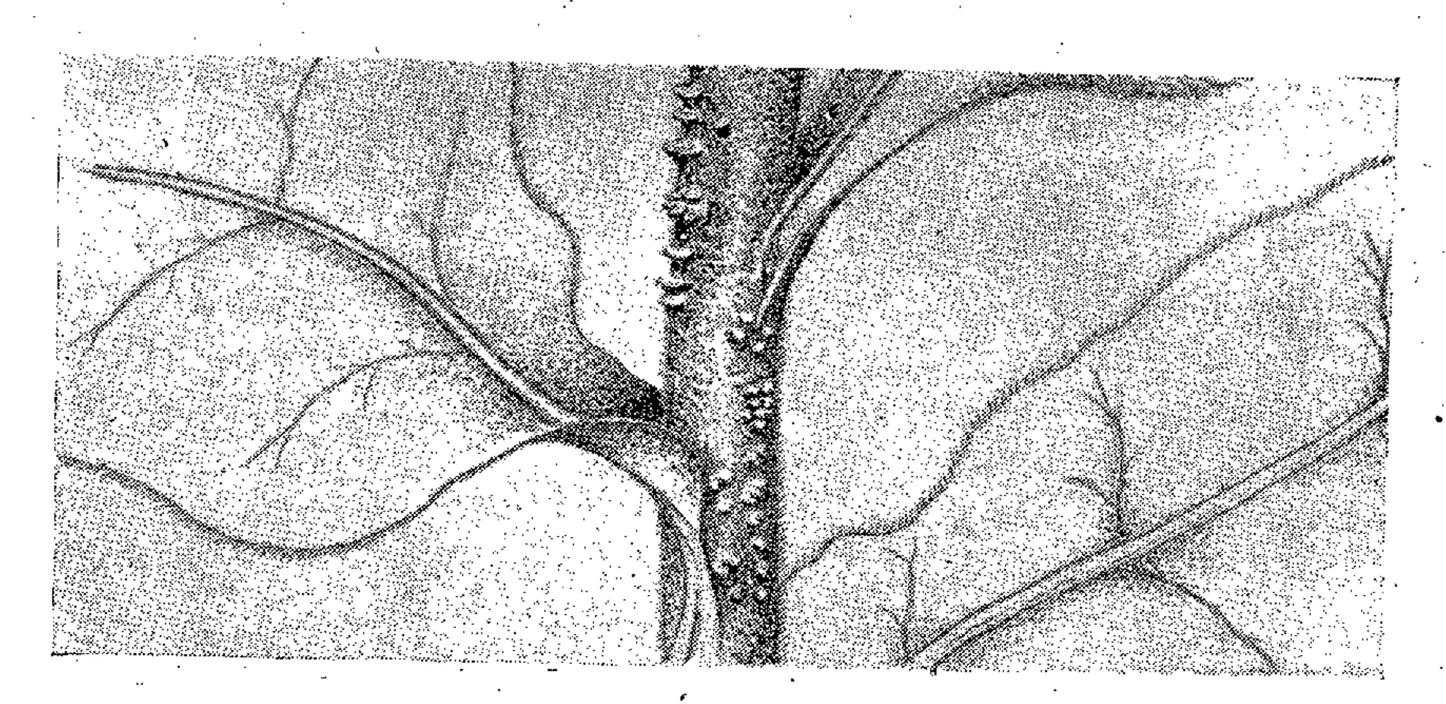
2° Un autre virus (désigné par moi comme type D) n'est pathogène que pour *N. rustica*.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

(1) E. Dschunkowsky, *Ueber einige in Sommer 1925 in Sudserbien beobachtete Kränkeiten und Schädlinge des Tabaks* (*Glasnik Cent. Hyg. Inst.*, B. I-V, 1927, p. 67-92).

3° La grande variabilité des signes cliniques de la maladie est frappante. Tandis que chez certaines plantes les modifications ne portent que sur quelques feuilles et consistent dans le changement de la coloration (image typique de la mosaïque) et dans la formation des foyers nécrotiques séparés, la croissance d'autres plantes est complètement arrêtée et leurs feuilles déformées présentent des aspects étranges.

Si la maladie devient chronique, on peut observer au bout de quelques mois sur les plantes malades, mais encore complètement vertes, de petites néoformations (*voir* figure) qui se localisent sur les tiges à proximité de l'insertion des feuilles.



On admet maintenant que certains aspects cliniques de la maladie sont spécifiques pour les virus différents (par exemple pour *Nicotiana virus* 12, 13, 14 et *Lycopersicum* 5, 6).

Mon herbier des tabacs malades de Macédoine contient des exemplaires qui présentent des aspects non encore signalés.

Cela fait supposer l'existence en Macédoine d'agents particulièrements virulents. Un de ces derniers, mentionné plus haut, rappelle le virus de la mosaïque de la Tomate (*Lycopersicum* S. Samuel).

PHYSIOLOGIE. — *Effets physiopathologiques provoqués, chez le jeune Rat blanc, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique* (*vitamine* PP). Note (*) de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

On sait que l'excès d'amide nicotinique peut provoquer de graves troubles chez certains animaux supérieurs (Souris, Rat, Chien).

Pour certains auteurs ([1]), l'hypervitaminose PP entraîne un arrêt de crois-

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) K. Unna, *Journ. of Pharmacol. Exp. Thérap.*, 65, 1939, p. 95; F. G. Brazda et R. A. Coulson, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 62, 1946, p. 19.

sance, puis une dénutrition qui peut aller jusqu'à la mort, mais sans symptômes externes, ni lésions internes spécifiques; pour d'autres ([2]), au contraire, elle provoque des troubles digestifs et des lésions portant sur le foie et le système nerveux; enfin, d'après des recherches très récentes ([3]), elle se manifeste surtout par des lésions spléno-hépatiques (infiltration de lymphocytes et de plasmocytes dans les canalicules biliaires, hypertrophie de la rate sans lésions systématisées).

En raison de ces divergences et de l'intérêt que présentent en physiologie les phénomènes d'hypervitaminose, nous avons repris l'étude de cette question en employant, comme animal réactif, le jeune Rat blanc.

Nos premières recherches ont porté sur 80 jeunes rats mâles pesant de 35 à 50^g, répartis en 6 lots (dont 30 témoins) et soumis à un régime équilibré dont la composition centésimale est la suivante : *caséine*, 21; *graisse de beurre*, 4; *amidon*, 66; *mélange salin* d'Osborne et Mendel, 4; *levure sèche* Byla, 5; papier filtre, à volonté ([4]).

Ce régime a été donné seul (Lot I, témoin) ou complété par des doses croissantes d'*amide nicotinique*, allant de 0^g,1 à 2^g pour 100^g de régime :

Lot II. —	Rég. de base	+ 0,1 %	d'amide nicotinique	(10^{mg}	environ par rat et par jour	).
Lot III. —	»	+ 0,2 %	»	(20^{mg}	»	).
Lot IV. —	»	+ 0,5 %	»	(50^{mg}	»	).
Lot V. —	»	+ 1 %	»	(100^{mg}	»	).
Lot VI. —	»	+ 2 %	»	(200^{mg}	»	).

Alors que les animaux des lots II et III se sont, à tous points de vue, comportés normalement comme les témoins du lot I, les rats des lots IV, V et VI ont présenté, non seulement des troubles de croissance, mais aussi des troubles cutanés, nerveux, osseux, digestifs et des atrophies d'organes.

Troubles de croissance. — A partir du lot IV, il s'est produit un ralentissement de la croissance de plus en plus accentué, puis un arrêt du développement suivi de dénutrition, et la mort au bout de 4 à 12 semaines.

Troubles cutanés. — Nous avons observé : des croûtes sèches sur le dos et sous le menton, de petites zones dénudées le long des pattes et autour des oreilles; dans l'ensemble, une fourrure peu fournie, terne, hérissée, à « texture de duvet » sur le dos et les flancs. Assez souvent s'est produite une abondante excrétion cutanée, et aussi nasale, de porphyrines, qui souillaient en particulier le front, le nez et les moustaches; cette excrétion, intermittente dans

---

([2]) K. K. Chen, C. L. Rose et E. B. Robbins, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 38, 1938, p. 241.

([3]) A. Aschkenasy et M. Mignot, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 261.

([4]) Ce régime renferme environ 0,002 % d'amide nicotinique (dans la levure).

bien des cas, a eu lieu également, mais avec une intensité et une fréquence nettement moindres, chez quelques rats témoins du lot I.

Troubles nerveux. — La démarche devenait, en général, sautillante; parfois, au contraire, l'arrière-train était affaissé et les pattes postérieures écartées et traînantes. Nous n'avons noté que rarement, dans la période prémortelle, les convulsions signalées par Chen, Rose et Robbins.

Troubles respiratoires. — Ces troubles (respiration saccadée, toux, rhinite exsudative), inexistants ou légers à la température de 18°, devenaient très intenses lorsque nous placions les rats dans une enceinte de 10-12°, température qui ne provoquait aucun trouble chez les témoins du lot I.

Troubles osseux. — Peu avant la mort, la plupart des animaux ont présenté une très forte incurvation de la colonne vertébrale (dessinant un U).

A l'autopsie, nous avons observé, dans plus de 90 % des cas, de notables *altérations du tube digestif :* présence de sang dans les intestins, et de gaz dans la région cardiaque de l'estomac, dans le jejunum et le cæcum. Le *thymus* était fortement atrophié, ainsi que la rate (poids inférieur de 40 à 70 % à celui de la rate des témoins ayant le même poids corporel); sur ce dernier point, nos observations ne concordent donc pas avec celles d'Aschkenasy et Mignot, pour qui l'hypervitaminose PP entraîne de la splénomégalie. La *glande adipeuse* était aussi très atrophiée, et sa teinte, au lieu d'être d'un rose beige pâle comme à l'état normal, était devenue rouge sang. Enfin, les *organes génitaux* de nos rats (mâles) avaient subi également une atrophie très nette portant principalement sur les épididymes, les vésicules séminales et les glandes de Cowper.

En résumé, avec le régime que nous avons utilisé, nous avons réalisé, chez le jeune Rat blanc, une *hypervitaminose* PP typique, déterminée par l'ingestion supplémentaire de fortes doses d'amide nicotinique (de 0,5 à 2 % de la ration), et caractérisée par : des troubles de croissance, de la dénutrition allant jusqu'à la mort, des troubles cutanés, nerveux, respiratoires, osseux et digestifs, enfin des atrophies très accentuées d'organes tels que le thymus, la rate, la glande adipeuse, les organes génitaux.

On ne peut s'empêcher d'être frappé par le fait que *beaucoup de ces symptômes d'hypervitaminose* PP, alopécie, dégénérescence du pelage, excrétion cutanée et nasale de porphyrines, rhinite exsudative, incurvation de la colonne vertébrale, présence de gaz dans l'estomac, de sang et de gaz dans les intestins, *ressemblent étrangement aux symptômes que provoquent certaines avitaminoses du groupe* B, *en particulier la carence en acide pantothénique.*

Nous reviendrons très prochainement sur cet aspect de la question.

NUTRITION. — *Tryptophane et teneur des tissus en niacine. Niacine et rétention du tryptophane.* Note (*) de M[lle] **Thérèse Terroine**, M[me] **Janine Creveaux-Bourgeat**, MM. **Jean Adrian** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Robert Courrier.

Plusieurs auteurs américains ont signalé les interrelations qui leur paraissent exister entre le tryptophane et l'acide nicotinique. D'après eux, l'acide aminé jouerait un rôle de précurseur de la vitamine et sa présence dans la ration conditionnerait la teneur des tissus en niacine (Krehl et col. dès 1945; Rosen et col. 1946; Hundley 1947; Singal et col. 1947, etc.). Par ailleurs, la richesse en niacine du régime réglerait l'utilisation métabolique du tryptophane (Krehl, de La Huerga et Elvehjem 1946). Le tryptophane serait donc d'une part le précurseur de la vitamine PP; d'autre part, cette dernière améliorerait la rétention de l'acide aminé.

Il nous a paru intéressant de vérifier ces hypothèses en expérimentant sur les animaux qui nous avaient servi pour l'étude des facteurs limitants du maïs. Certains lots avaient en effet été soumis plus de deux mois à des régimes pauvres en tryptophane, d'autres en recevaient un supplément (0,3 % de *l*-tryptophane) et de même pour l'acide nicotinique ajouté en certains cas à raison de 20[mg] par 100[g] de régime.

	Niacine (γ) par g frais.			
	Régime maïs-blé.		Régime maïs-blé + caséine.	
	Foie.	Muscle.	Foie.	Muscle.
Régime de base	73	67	141	91
	70	79	100	76
	68	78	108	66
			163	75
M	**70**	**75**	**130**	**77**
» + PP	87	77		
	77	84	138	70
	94	84	140	90
	102	84		
M	**90**	**82**	**139**	**80**
» + tryptophane	112	79	120	94
	105	81	142	60
M	**109**	**80**	**131**	**77**
» + PP + tryptophane	100	70	105	71
	100	117	119	76
M	**100**	**93**	**112**	**74**

(*) Séance du 19 juillet 1948.

Nous avons tout d'abord étudié l'influence du tryptophane alimentaire sur la teneur en niacine du foie et des muscles des pattes postérieures. Les dosages ont été effectués par la méthode microbiologique de Krehl, Strong et Elvehjem après extraction par HCl N (30 min. à 120°). Le tableau ci-dessus rapporte les résultats obtenus avec deux types de régimes de base : simple mélange de maïs et farine blanche, ration identique enrichie avec 2,5 % d'hydrolysat de caséine complémenté.

Dans le cas du simple mélange de maïs et blé, l'adjonction de tryptophane ou d'acide nicotinique semble effectivement augmenter la richesse en niacine des tissus, notamment du foie ; cependant le bénéfice est de faible amplitude et ne dépasse pas 30 %. Il ne saurait être très significatif étant donnée la marge des variations à l'intérieur d'un même lot. En présence de caséine et avec un régime voisin de celui des américains, les résultats sont par contre très nets : ni l'addition de tryptophane, ni celle de niacine ne modifient le taux tissulaire de vitamine PP.

Dans un second essai, nous avons étudié l'influence de la niacine sur l'utilisation biologique du tryptophane : le tryptophane retenu était calculé par différence entre le tryptophane ingéré et le tryptophane urinaire (dosages par la méthode colorimétrique d'Eckert). Voici les résultats moyens se rapportant à des périodes de trois jours :

	tryptophane retenu / tryptophane ingéré	
	Régime maïs-blé.	Régime maïs-blé + caséine.
Régime de base (4 rats)	0,69	0,69
» + PP (3 rats)	0,67	0,79
» + tryptophane (4 rats)	0,90	0,90
» + PP + trypt. (2 rats)	0,94	0,93

La rétention du tryptophane alimentaire augmente notablement lorsque la ration est enrichie avec cet aminoacide en nature, mais la présence d'un supplément de niacine n'a pas de répercussions démonstratives sur l'utilisation métabolique du tryptophane.

En résumé, dans nos conditions expérimentales, nous n'avons pu retrouver de façon évidente les interrelations entre tryptophane et niacine signalées par les auteurs américains : l'addition de tryptophane aux régimes de base n'augmente pas la teneur en vitamine PP des tissus, et inversement le taux alimentaire de niacine n'influence pas l'efficacité du tryptophane ingéré.

NUTRITION. — *Polymérisation et digestibilité : influence du broyage sur la digestibilité de la fécule.* Note (*) de Mme **Jeanine Lévy** et M. **Raymond Jacquot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La valeur alimentaire de certaines substances végétales peut être améliorée par broyage intensif. C'est notamment le cas pour le son dont la digestibilité

(*) Séance du 26 juillet 1948.

et l'efficacité protidique sont considérablement plus élevées après passage au broyeur à marteaux ([1]). On est en droit de considérer le bénéfice ainsi réalisé comme résultant de la dilacération des membranes cellulosiques : celle-ci faciliterait l'attaque du protoplasme alimentaire par les enzymes digestifs. Dans ces conditions, les effets du broyage porteraient uniquement sur la structure morphologique. Pour fondée que soit cette hypothèse, il semble qu'on doive la compléter et que, parfois, le broyage intervienne *directement* sur la digestibilité des principes nutritifs eux-mêmes. Un exemple nous est donné dans le cas de la fécule. L'amidon de Pomme de terre présente la caractéristique d'être très peu digestible à l'état cru; contrairement aux amidons de céréales, il exige une cuisson préalable pour être assimilé. Ce comportement singulier échappait à l'analyse : ni les spectres de diffraction, ni les teneurs supposées en amylose et amylopectine ne pouvaient l'expliquer. Or, un travail récent de Sutra ([2]) nous en propose une interprétation. D'après cet auteur, un simple broyage à sec permet d'obtenir une fécule soluble, se gélifiant à froid et donnant le bleu d'iode caractéristique. Avec la fécule ordinaire, on sait que ces propriétés ne se manifestent qu'après chauffage; d'après l'expérience de Sutra, il semble qu'une action mécanique ou thermique aboutisse aux mêmes effets. Il nous a semblé intéressant de rechercher si ce parallélisme s'observe également dans le domaine alimentaire. Autrement dit, le broyage améliore-t-il la digestibilité de la fécule, comme le fait la cuisson?

L'expérience a été poursuivie sur rats nourris avec des régimes à base de fécule ordinaire crue ou de fécule passée pendant trois jours au broyeur à boulets. Nous nous sommes assurés que ce dernier produit présentait bien les caractéristiques signalées par Sutra. Les animaux furent successivement placés à un régime à 55 % puis à 70 % de fécule. Les résultats moyens que nous rapportons concernent : la digestibilité de la ration totale mesurée par différence entre les poids secs ingérés et les poids secs des fèces — la digestibilité propre des deux types de fécule — la teneur en réducteur total des fèces. Chaque chiffre correspond aux valeurs moyennes calculées par rat.

	Digestibilité (%)				Teneur (%) des fèces en réducteur	
	totale		des fécules			
Régime.	O (*).	B (**).	O.	B.	O.	B.
55 % fécule	48	93	24	99	87	5
	64	93	45	99	85	5
	58	91	45	98	76	6
70 % fécule	70	94	76	99	59	5
	68	94	70	99	65	4,5
	76	93	84	99	54	5

(*) O fécule ordinaire (**) B fécule broyée.

([1]) R. Jacquot, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1101.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 7-8, 1947, p. 738.

Malgré l'accoutumance dont témoignent les animaux vis-à-vis de la fécule ordinaire, il n'en subsiste pas moins une différence énorme entre la digestibilité des deux produits : après broyage la fécule s'avère entièrement assimilable, alors que le même produit non traité occasionne un déficit parfois considérable, toujours sensible. L'importance relative des pertes fécales ressort surtout de la teneur par gramme des fèces en réducteur total.

Nos investigations *in vivo* s'accordent parfaitement avec les données physicochimiques de Sutra. Comme ce dernier suggère que le broyage produit une dépolymérisation au même titre que le chauffage, nous adoptons son point de vue provisoirement. Mais cela nous conduit à formuler une hypothèse qui est loin d'être démontrée. La différence de digestibilité qui existe à l'état cru, entre les amidons de céréales qui sont digestibles et la fécule qui ne l'est pas (ou peu), s'expliquerait par des degrés de polymérisation différents.

Par ailleurs, signalons que nos recherches actuelles sur un amidon vont de pair avec les faits observés par Cohen qui expérimente sur un matériel entièrement différent : la kératine, qui est rendue soluble et digestible par broyage ([3]).

Il est remarquable, dans tous ces exemples, qu'une simple action mécanique puisse modifier une propriété aussi fondamentale que la digestibilité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un effet de l'acide para-aminobenzoïque sur* Aspergillus niger *: production de substances réduisant le* 2.6-*dichlorophénol indophénol*. Note (*) de MM. **Joseph Neumann** et **Jean Lavollay**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'un de nous a montré que l'acide para-aminobenzoïque, de même que la para-amino-phénylsulfamide, introduits à concentrations convenables dans le milieu de culture d'*Aspergillus niger*, suppriment, au moins partiellement, les effets inhibiteurs que la para-quinone exerce sur le développement du mycélium ([1]). Nous avons admis que l'action antitoxique de l'acide para-aminobenzoïque ou de la para-aminophénylsulfamide résultait d'une condensation de la para-quinone avec la substance utilisée. La disparition de la toxicité de la paraquinone intervient, en fait, lorsque la quantité de substance introduite suffit à neutraliser le pouvoir oxydant conféré au milieu de culture par la paraquinone ([2]). Deux ensembles de faits conduisent d'ailleurs à penser que la

---

([3]) *Arch. Biochem.*, 4, 1944, p. 145.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) J. Neumann, *Assemblée annuelle de la Société Suisse de Microbiologie* (*Schweiz. Ztsch. Path. Bakt.*, 9, 1946, p. 419.

([2]) Tel qu'il peut être mis en évidence par la libération de l'iode à partir de l'iodure de potassium en solution acétique.

toxicité de cette substance est due à ses propriétés oxydantes : *a.* la parfaite tolérance du mycélium pour l'hydroquinone aux concentrations correspondantes; *b.* la simultanéité de la disparition du pouvoir oxydant et de la suppression des effets fungostatiques dans les milieux renfermant seulement de la para-quinone et ensemencés de spores d'*Aspergillus niger*.

On aurait donc pu penser aussi bien que l'action antitoxique de l'acide para-aminobenzoïque et de la para-aminophénylsulfamide pouvait résulter d'une action indirecte : la production par le mycélium d'une substance réductrice capable de neutraliser l'action de la quinone. Nous avons effectivement trouvé que les milieux de culture d'*Aspergillus Niger*, développé à 34° C sur différents liquides nutritifs renfermant des quantités d'acide para-aminobenzoïque variées, acquièrent, en plus d'une pigmentation jaune, un fort pouvoir réducteur (coloration bleue avec le réactif de Bezssonoff; réduction à froid de la liqueur de Fehling ou du nitrate d'argent en solution acétique). Ces liquides sont notamment capables de réduire, à pH 4, le 2.6-dichlorophénol-indophénol aussi rapidement que l'acide ascorbique. On peut ainsi faire le dosage des substances réductrices par la technique de décoloration cinétique [3], et en exprimer arbitrairement la concentration en acide ascorbique. Cette concentration est, dans certains cas, considérable et peut atteindre 49^{mg} pour 100^{cm^3} en 196 heures de culture. Elle augmente avec la concentration en acide para-aminobenzoïque, au moins jusqu'aux doses toxiques; elle augmente aussi avec la durée de la culture. A titre d'exemple, voici les résultats obtenus en 48 heures sur le liquide Raulin-Javillier :

Acide para-amino-benzoïque (mg pour 100^{cm^3}).	Poids sec du mycélium obtenu sur 25^{cm^3} de milieu (mg).	Substances réductrices exprimées en microg d'acide ascorbique pour 25^{cm^3}.	Microg de substances réd. par mg de mycélium sec.
0	538	156	0,29
102,75	414	13175	31,82
137	373	14400	38,61
171,25	354	17525	49,51
205,5	156	10840	69,43
239,75	92	9120	99,13

Le pouvoir réducteur est d'autant plus élevé que la teneur en glucose du milieu est plus basse, mais il ne semble pas affecté par la valeur du rapport C/N du milieu nutritif. La nature de l'aliment azoté, ammoniacale ou nitrique, ne semble pas non plus intervenir. Le glucose peut être remplacé par le glycérol ou par l'amidon et le mycélium se comporte toujours de la même manière.

Cependant la production de substances réduisant l'indophénol aussi rapidement que l'acide ascorbique est spécifique de l'acide para-amino-benzoïque, les

(3) P. MEUNIER, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 877.

acides ortho- et méta-amino-benzoïque étant inactifs. En outre la para-amino-phénylsulfamide ne provoque pas l'apparition du pouvoir réducteur. Il s'agit donc d'une intéressante propriété de l'acide para-amino-benzoïque, mais il est improbable que l'action antitoxique de cette substance vis-à-vis de la para-quinone doive lui être rapportée. L'antagonisme de l'acide para-amino-benzoïque et de la para-quinone peut être suffisamment expliqué par la simple condensation des deux substances (1) (4).

Nos expériences montrent que l'acide para-amino benzoïque exerce sur l'*Aspergillus niger* des effets considérables, révélés par : *a*. l'apparition, déjà décrite, de pigments jaunes (5); *b*. la formation d'une ou plusieurs substances aussi fortement réductrices que l'acide ascorbique, mais dont la nature est encore inconnue (6).

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Comportement du virus de la pneumopathie du Cobaye chez quelques arthropodes piqueurs.* Note de MM. **Georges Blanc** et **Jean Bruneau**, présentée par M. Maurice Caullery.

La pneumopathie expérimentale du Cobaye est une infection qui est toujours mortelle comme l'a montré Lépine (1) et comme nous l'avons constaté nous-mêmes sur un très grand nombre d'animaux (plusieurs centaines). La maladie spontanée peut rester latente mais n'en est pas moins de haute gravité, et la question se pose de savoir si le virus de cette pneumopathie se maintient uniquement sur cobayes ou s'il peut y avoir, dans la nature, un réservoir de virus. Nous présentons brièvement le résultat d'un premier groupe d'expériences faites sur quelques Arthropodes piqueurs.

Rhipicéphales. — 1° Des larves de *Rhipicephalus sanguineus*, provenant d'élevage, sont gorgées sur un cobaye infecté, en pleine période fébrile. Quinze jours plus tard, après la mue, les nymphes sont nourries sur un cobaye neuf, qui meurt pendant que les tiques sont encore fixées. Vingt nymphes sont broyées et inoculées à un cobaye qui ne s'infecte pas et réagit à l'épreuve.

---

(4) A. E. Oxford, *Biochem J.*, 36, 1942, p. 438.

(5) W. W. Spink et J. J. Vivino, *Science*, 98, 1943, p. 44; R. L. Mayer, *Science*, 98, 1943, p. 207; *J. of Bact.*, 48, 1944, p. 93 et 337; R. C. Mills, G. M. Briggs Jr., T. D. Luckey et D. C. Elvehjem, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 56, 1944, p. 240; L. J. Sciarini et F. F. Nord, *Arch. Biochen.*, 7, 1945, p. 367; G. W. K. Cavill et J. M. Vincent, *Nature*, 155, 1945, p. 301.

(6) Le pouvoir réducteur pour l'indophénol des milieux de culture exempts d'acide *p*-amido benzoïque a fait l'objet de plusieurs travaux et d'interprétations contradictoires : K. Bernhauer, B. Görlich et E. Köcher, *Biochem. Ztsch.*, 286, 1936, p. 60; J. Lavollay et F. Laborey, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 179; P. Manceau, A. A. Policard et M. Ferrand, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 82; M. Geiger-Huber et N. Galli, *Verh. Nat. Ges. Basel*, 56, 1945, p. 37, *Helv. Chim. Acta.*, 28, 1945, p. 248; A. Galli, *Dissertation Basel*, 1946.

(1) P. Lépine, *Annales Inst. Pasteur*, 71, 1945, p. 104.

2° Des larves d'élevage, de *Rhipicephalus sanguineus*, sont gorgées sur un cobaye infecté; après la mue, les nymphes sont nourries pendant 3 jours sur un autre cobaye infecté. Le lendemain du jour où ces tiques ont quitté le cobaye, 6 d'entre elles sont broyées et inoculées à un cobaye qui fait une infection mortelle. Dix jours plus tard, ces nymphes qui s'étaient infectées sur le cobaye le sont encore. Un cobaye inoculé avec six d'entre elles meurt de pneumopathie. Dix-huit jours après le repas infectant, six autres tiques sont inoculées à un autre cobaye. Ces tiques sont des adultes, la mue s'est faite la veille; l'expérience est négative, l'animal réagit à l'épreuve.

Les jeunes tiques adultes sont nourries sur un hérisson. Deux ♀ gorgées sont inoculées à un cobaye qui ne s'infecte pas.

Donc les Rhipicéphales s'infectent sur le cobaye, mais le virus ne se conserve pas plus de 10 jours et n'est pas retrouvé après la mue de larve à nymphe, ou de nymphe à adulte.

Hyalomma. — Des larves gorgées sur cobaye infecté se montrent non virulentes 3 jours et 10 jours après la piqûre.

Ornithodorus erraticus. — 35 Ornithodores adultes sont mis à piquer sur un cobaye infecté. Dès qu'ils sont gorgés, 2 sont inoculés à un cobaye qui s'infecte; 6 jours plus tard, 2 autres Ornithodores du même lot, infectent le cobaye auquel ils sont inoculés; même résultat positif, 20 jours après le repas infectant, avec 2 Ornithodores. Puis le virus disparaît entre le 20ᵉ et le 30ᵉ jour. L'expérience est poussée jusqu'au 45ᵉ jour.

Le virus persiste une vingtaine de jours dans le tube digestif de l'Acarien, il ne s'y multiplie pas et ne s'y maintient pas, il a disparu avant que son hôte fasse un nouveau repas sanguin.

Puces (*Xenopsylla cheopis*). — Dans une cuve contenant plusieurs centaines de *Xenopsylla cheopis* nouvelles écloses, 8 cobayes infectés sont introduits successivement dans un laps de temps de 45 jours. Vingt-quatre heures après la mort du dernier cobaye, 50 puces sont broyées et inoculées à un cobaye qui s'infecte; 4 jours plus tard, un cobaye neuf est mis dans la cuve; il restera indemne; suivi pendant plus de 30 jours, il n'aura aucune poussée thermique. 11 jours et 21 jours après le dernier repas infectant, des lots de 50 puces sont inoculés à des cobayes sans résultat. Les puces nourries sur cobayes infectés du virus de pneumopathie s'infectent elles-mêmes, mais le virus ne se multiplie ni ne se maintient chez l'insecte.

En conclusion, l'étude du comportement du virus de la pneumopathie des cobayes chez les Ixoxidés et les Pulicidés montre qu'il n'y a que survie courte sans multiplication. Ces Arthropodes piqueurs ne peuvent jouer un rôle de réservoir de virus.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Sur l'exaltation du pouvoir bactériostatique des sulfamides par l'association avec les anti-thyroïdiens.* Note (*) de MM. **David Libermann** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Jacques Trefouël.

L'un de nous a déjà signalé à plusieurs reprises ([1]) que les mélanges purs et simples des sulfamides avec les anti-thyroïdiens possèdent un pouvoir bactériostatique nettement supérieur à celui des sulfamides seules. Sans chercher pour l'instant à approfondir les causes de cette influence (l'abaissement du métabolisme basal de l'hôte aurait peut-être son rôle à jouer dans le mécanisme de l'exaltation des sulfamides), nous avons d'abord voulu vérifier si l'interaction mutuelle de ces deux catégories de corps se limitait à quelques cas particuliers, ou si, au contraire, elle pouvait être considérée comme une règle générale. Le but de ce travail était ensuite de déterminer la proportion des deux constituants la plus apte à réaliser un effet bactériostatique maximum.

Nous avons choisi deux sulfamides types : le *p*-aminophénylsulfamide (1162 F) et le sulfathiazol, et nous les avons étudiés en association avec chacun des deux anti-thyroïdiens suivants : le 6-benzyl-thiouracile et le 5.6-tétraméthylène-thiouracile ([2]). Nous avons préféré ces deux derniers corps aux autres anti-thyroïdiens à cause de leur action plus régulière et plus sélective.

Les expériences furent effectuées sur des souris, les agents pathogènes employés étant le streptocoque hémolytique et le pneumocoque.

Nous avons d'abord vérifié que les anti-thyroïdiens seuls n'ont aucune action bactériostatique dans les conditions de nos expériences :

Streptocoques hémolytiques, Digonnet 7. Culture en bouillon ascite, 18 heures.
Dilution tyrode, 1/100 000, 1/2 cm³ intrapéritonéal.

Jours	1er.	2e.
Tétraméthylène-thiouracile 2mg par voie buc. par jour.	9/10	0/10
Tétraméthylène-thiouracile 20mg par voie buc. par jour.	3/10	0/10

La virulence des souches utilisées a été chaque fois vérifiée sur les témoins qui succombaient invariablement le premier jour avec le streptocoque et le deuxième jour avec le pneumocoque.

Les tableaux suivants résument les résultats de nos expériences.

I. — *Pneumocoque* I Til. Culture bouillon sérum, 18 heures.
Dilution tyrode, 1/100 000, 1/2 cm³ intrapéritonéal.

Jours	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.
Sulfamide 20mg, buccale 4 jours	10/10	7/10	3/10	3/10	3/10	2/10	2/10
Sulfamide 20mg, buccale + 6-benzyl-thiouracile 10mg, buccale 4 jours	9/10	8/10	6/10	6/10	4/10	3/10	2/10
Sulfamide 20mg, buccale + 6-benzyl-thiouracile 5mg, buccale 4 jours	10/10	10/10	8/10	7/10	4/10	3/10	3/10

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Libermann, *Nature* (London), **158**, 1946, p. 557; *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 861.

([2]) Polonovski et Libermann, *Bull.*, 5e série, **14**, 1947, p. 1073.

II. — *Streptocoques hémolytiques.*

Jours	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.	8e.
Sulfamide 10mg buccale, 2 jours	10/10	8/10	8/10	6/10	5/10	5/10	5/10	4/10
Sulfamide 10mg buccale + tétraméthylène thiouracile 2mg, 2 jours	10/10	10/10	10/10	9/10	8/10	7/10	7/10	5/10

III. — *Pneumocoques.*

Jours	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.
Sulfathiazol 20mg buccale, 4 jours	10/10	10/10	10/10	10/10	7/10	5/10	3/10
Sulfathiazol 20mg buc. + 6 benzylthiouracile 10mg, 4 jours	10/10	10/10	10/10	9/10	9/10	8/10	8/10
Sulfathiazol 20mg + 6 benzylthiouracile 5mg, 4 jours	10/10	10/10	10/10	10/10	9/10	7/10	7/10
Sulfathiazol 20mg buc. + 6 benzylthiouracile 2mg, 4 jours	10/10	10/10	9/10	9/10	7/10	7/10	7/10

Il ressort de ces expériences que le 6-benzylthiouracile et le 5.6-tétraméthylène thiouracile ont une action exaltante très nette sur le pouvoir bactériostatique du sulfamide ou du sulfathiazol. Succédant aux expériences exécutées précédemment avec le 6-méthyl-thiouracile ([1]), ces résultats permettent de conclure qu'au delà d'une certaine dose, une nouvelle augmentation de la quantité d'anti-thyroïdien mise en œuvre n'influe presque pas sur les résultats finaux et n'augmente plus l'activité. Ainsi 2mg de 6-benzylthiouracile ont sur 20mg de sulfathiazol la même action exaltante que 5mg et presque la même que 10mg.

IMMUNOLOGIE. — *Trois fonctions humorales de l'immunité et les trois fractions globuliniques qui les supportent dans le sérum de Cheval.* Note (*) de M. **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons montré antérieurement combien la méthode de fractionnement par dialyse, condamnée pourtant par les physico-chimistes, est intéressante du point de vue immunologique, tout au contraire ([1]), ([2]). Les euglobulines supportent les activités antibactériennes des sérums de Cheval pour la plupart tandis que les antitoxines sont exclusivement pseudoglobuliniques ([3]) et une corrélation s'établit ainsi entre la solubilité aqueuse des globulines du sérum de Cheval et la nature des anticorps dont elles sont les supports. La présente Note rend probable que cette corrélation admet une raison causale réelle.

La technique de fractionnement définitive des sérums de Cheval s'établit comme suit : Les sérums sont dialysés pendant 24 heures à volume constant à

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 164.

([2]) G. Sandor, *Rivista dell'Instituto Sieroterapico Italiano*, 22, 1947, p. 205.

([3]) G. Sandor, P. Lemétayer et Nicol, *Ann. Institut Pasteur*, 73, 1947, p. 1043.

la glacière contre un excès d'eau distillée. Le précipité formé est recueilli et constitue l'euglobuline I. La dialyse est poursuivie pendant trois jours encore, puis le sérum est dilué dans l'eau distillée jusqu'au quart de son volume initial, enfin il est amené à pH 6 à l'aide d'acide acétique dilué. Le précipité obtenu constitue l'euglobuline IIA. Aux eaux-mères on ajoute encore de l'acide acétique dilué jusqu'à ce qu'un nouveau précipité se sépare entre pH 5,2 et 5,4 (euglobuline IIB). Les pseudoglobulines sont obtenues, enfin, en présence du sulfate d'ammonium à 34 %.

Pour quatre sérums de Cheval du type antibactérien un lien clair s'établit entre la nature des anticorps et la solubilité de la fraction euglobulinique qui les supporte. Les sérums antiméningococciques de Cheval et les sérums de Cheval obtenus après l'injection intraveineuse de bacilles pesteux vivants sont agglutinants à des taux élevés, en général, et contiennent une proportion relativement considérable d'euglobuline I. Cette fraction passe, en effet, de 2 ‰ en moyenne, son taux normal, à 10 ‰ et même au-dessus. Or, toutes les agglutinines se retrouvent pratiquement avec cette euglobuline I précisément (4). Dans le sérum antigonoccique de Cheval il n'y a pas d'augmentation sensible des taux euglobuliniques. Ce sérum n'est ni agglutinant, ni précipitant d'une manière appréciable, mais, par contre, il fixe le complément en présence de l'antigène gonococcique. Or, présentement les sensibilisatrices se concentrent sélectivement dans l'euglobuline IIA (5). Nous avons montré antérieurement qu'il en est de même pour les hémolysines des sérums anti-Mouton de Cheval (6).

Il apparaît donc qu'avec l'augmentation de la solubilité des globulines du sérum de Cheval se modifient les caractères des anticorps. Les agglutinines et les précipitines supportées par l'euglobuline I, fraction la moins soluble, agissent en l'absence de complément. Les sensibilisatrices, supportées par l'euglobuline IIA, de solubilité intermédiaire, ne se manifestent qu'en présence de complément. Une explication rationnelle s'impose ainsi qui devra être contrôlée par des expériences ultérieures.

L'agglutination n'étant qu'une réaction de précipitation spécifique à la surface bactérienne (Heidelberger et Kabat), on conçoit aisément que le peu de solubilité de la globuline puisse conditionner son activité agglutinante. Mais, fort probablement, agglutinines, précipitines et sensibilisatrices se relatent aux opsonines et aux bactériotropines en dernière analyse. Or, l'absence de solubilité aqueuse et mouillabilité par la surface leucocytaire peuvent être fort bien en lien.

---

(4) Les essais d'agglutination avec le sérum anti-méningococcique ont été effectués par M. E. Roux.

(5) Les réactions de déviation du complément avec l'anticorps gonococcique ont été effectués par M. Le Minor.

(6) J.-J. Pérez, G. Sandor et Mlle C. Sergent, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 966.

Si, dès lors, l'anticorps qui s'est fixé à la surface bactérienne est très peu soluble, comme dans le cas de l'euglobuline I, la phagocytose s'ensuivra immédiatement et nous aurons les opsonines. Si, par contre, l'anticorps est relativement soluble, comme dans le cas de l'euglobuline II A, une mouillabilité convenable nécessitera une tierce pièce très peu soluble encore. La phagocytose ne se fera dans ce cas que si l'anticorps a fixé le complément, en outre, et nous aurons les bactériotropines, partant. Les antitoxines, enfin, dont le rôle immunologique s'épuise dans la neutralisation humorale de la toxine dissoute, sont supportées par des pseudoglobulines très solubles. Aussi elles n'interviennent jamais dans le jeu entre phagocytes et bactéries.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

R. C.

ERRATA.

(Séance du 16 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Complétion fonctionnelle de certaines classes hilbertiennes :

Page 618, ligne 20, *au lieu de* classe $\mathfrak{A}$, *lire* classe $\mathfrak{A}^0$;
» 619, » 19, *au lieu de* $n=1, 2$, *lire* $n=1, 2, 3$;
» » » 20, *au lieu de* $n \geq 3$, *lire* $n > 3$;
» » » 27, *au lieu de* $(n-3+\varepsilon)$, *lire* $(n-4+\varepsilon)$.

(Séance du 21 juin 1948.)

Note de MM. *Gaston Berthier* et *Bernard Pullman*, Sur la décomposition thermique des hydrocarbures :

Page 2147, ligne 8, *au lieu de* $\beta_{C-H} = 2\beta_{C-C}$, *lire* $\beta_{C-H} = 2\beta_{C=C}$;
» » » 10, *au lieu de* $\beta_{C-C} = 0,6\beta_{C-C}$, *lire* $\beta_{C-C} = 0,6\beta_{C=C}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AOUT 1948.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **John Hasbrouck Van Vleck**, membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, professeur à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 18 août au lieu du lundi 16.

M. **Thomas Wallace** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé : *Soil conditions and mineral deficiencies of plants, with special reference to deficiencies of the trace elements iron, manganese, boron, zinc, copper and molybdenum*, extrait des *Comptes rendus du Congrès de Pédologie* (*Montpellier-Alger*), 9-20 mai 1947.

DÉSIGNATIONS.

Le **Président** et le **Secrétaire perpétuel** de l'**Académie Royale des sciences exactes, physiques et naturelles de Madrid** invitent l'Académie à se faire représenter aux fêtes de la commémoration du centième anniversaire de sa fondation.

MM. **Gabriel Bertrand** et **Gaston Julia** sont délégués.

M. **Pierre Pruvost** est désigné pour représenter l'Académie, en remplacement de M. **Charles Jacob**, précédemment délégué et empêché, à la XVIIIe Session du *Congrès géologique international*, qui se tiendra à Londres, à la fin d'août 1948.

CORRESPONDANCE.

Le Président de la **Société d'Étude du XVIIe siècle** invite l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qui auront lieu, en septembre 1948, à Clermont-Ferrand et à Paris, pour commémorer le trois-centième anniversaire des expériences barométriques de **Blaise Pascal.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Pierre Sizaire. *Le guide des étoiles* (présenté par M. Georges Durand-Viel).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *L'itération des fonctions entières.* Note de M. **Paul Charles Rosenbloom**, présentée par M. Gaston Julia.

Les travaux classiques de Julia, Fatou et Ritt nous donnent des connaissances assez complètes sur l'itération des fonctions rationnelles. Il y a, en outre, quelques résultats sur l'allure des itérées d'une fonction entière $f(z)$ dans un voisinage d'un point fixe [ce qui veut dire une racine de l'équation $f(z)=z$], en particulier, un article récent de Cremer et une thèse encore non publiée d'un jeune mathématicien, Töpfer, à Cologne. Je me propose dans cette Note de traiter la question de l'existence de points fixes.

Il est possible qu'une fonction entière n'ait pas de points fixes. C'est le cas pour les fonctions de la forme $f(z)=z+e^{F(z)}$. Bien au contraire, l'itérée $f(f(z))$ d'une fonction entière a toujours des points fixes sauf dans le cas d'une translation $z+c$. La démonstration se fait par l'application du théorème de Picard, en premier lieu à la fonction

$$h(z)=\frac{f(f(z))-z}{f(z)-z},$$

en second lieu à la fonction dérivée $f'(z)$. Il est facile de démontrer, par la même méthode, qu'au moins une des trois fonctions entières $f(z)$, $g(z)$ et $f(g(z))$, a des points fixes, à moins que toutes les trois ne soient des translations.

Si l'on applique la deuxième inégalité fondamentale de Nevanlinna à la fonction méromorphe

$$h(z)=\frac{f(g(z))-z}{g(z)-z},$$

en supposant que toutes les fonctions entières $f(z)$, $g(z)$ et $f(g(z))$ n'ont qu'un

nombre fini de points fixes, on obtient facilement l'inégalité

$$T(r, f(g(z))) < KT(r, g) + S(r),$$

où $S(r)$ est très petit sauf sur un ensemble d'intervalles exceptionnels de mesure totale finie, et K est une constante. Pour trouver une limitation inférieure du membre gauche, on se sert de la relation bien connue

$$\log^{+} M(\rho, y) < \frac{r+\rho}{r-\rho} T(r, y) \qquad (0 < \rho < r),$$

pour une fonction entière y, et d'une inégalité de Bohr

$$M(\rho, f(g(z))) > M\left(\frac{1}{4}(14)^{-\frac{\rho+\sigma}{\rho-\sigma}} M(\sigma, g), f\right) \qquad (0 < \sigma < \rho),$$

où $M(r, \varphi)$ signifie le maximum du module de la fonction φ sur le cercle $|z| = r$. On obtient le coefficient de $M(\sigma, g)$ au moyen du théorème de Schottky sous la forme précisée qu'a donnée Robinson. Or, en appliquant les méthodes de Borel pour traiter les fonctions croissantes, on obtiendra le théorème suivant :

Si toutes les fonctions entières $f(z)$, $g(z)$ et $f(g(z))$ n'ont qu'un nombre fini de points fixes, toutes les trois sont des polynomes.

Avec la même méthode, on peut aussi démontrer le théorème :

Si f et g sont des fonctions entières permutables $(f(g(z)) = g(f(z)))$, et si $f(z)$ et $f(g(z))$ n'ont qu'un nombre fini de points fixes, alors f et g sont toutes les deux des polynomes.

En prenant $g(z) = f_{n-1}$, la $(n-1)^{\text{ième}}$ itérée de la fonction $f(z)$, on en déduit le corollaire :

Si $f_n(z)$ n'a qu'un nombre fini de points fixes pour une valeur de $n > 1$, f est un polynome.

Ainsi, si $P(z)$ est un polynome et $F(z)$ une fonction entière non constante, il n'y a pas, pour $n > 1$, de fonctions entières $f(z)$ satisfaisant à l'équation fonctionnelle

$$f_n(z) = z + P(z) e^{F(z)}.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Étude polarimétrique de la lumière réfléchie par les nuages et l'atmosphère de la planète Mars.* Note (*) de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai exposé les résultats, obtenus au Pic du Midi, de l'étude polarimétrique des différentes régions du sol de la planète Mars. J'expose ici les résultats de l'étude des polarisations produites par les nuages et l'atmosphère.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 996.

1° *Observation des nuages.* — On reconnaît sur Mars au moins 2 types de nuages : les nuages blancs, localisés, qui participent à la rotation de la planète, dont l'opacité s'étend depuis la transparence totale jusqu'au voile brillant, et les nuages *violets*, pratiquement inobservables en lumière totale, mais découverts par la photographie (²) parce qu'ils possèdent une réflexion sélective violette et ultraviolette.

J'ai pu observer ces derniers en utilisant leur réflexion sélective; pour augmenter leur contraste visuel, la lunette de 60^{cm} était munie d'un grossissement très faible (équipupillaire) et d'un filtre Wratten 47 (λ max. = 4700 Å). Le pouvoir séparateur, limité par la tache d'aberration chromatique, était celui d'une lunette de 8^{cm}. La même méthode m'a permis de repérer des nuages blancs très légers, avec filtre rouge 25 A.

2° *Polarisation des nuages blancs.* — Si le nuage est assez opaque pour masquer le sol, sa lumière est polarisée négativement (pour les angles de vision $V \leqq 20°$), généralement plus fortement que le sol. Si le nuage est trop transparent pour être visible, il se décèle néanmoins par une forte augmentation de la polarisation négative des plages sombres du sol (³). Ces phénomènes s'expliquent en supposant les nuages en question formés de cristaux de glace (⁴).

3° *Polarisation et aspect des nuages violets.* — Bien qu'inobservables en lumière jaune, ces nuages produisent dans ce domaine spectral, pour $V \leqq 23°$ et

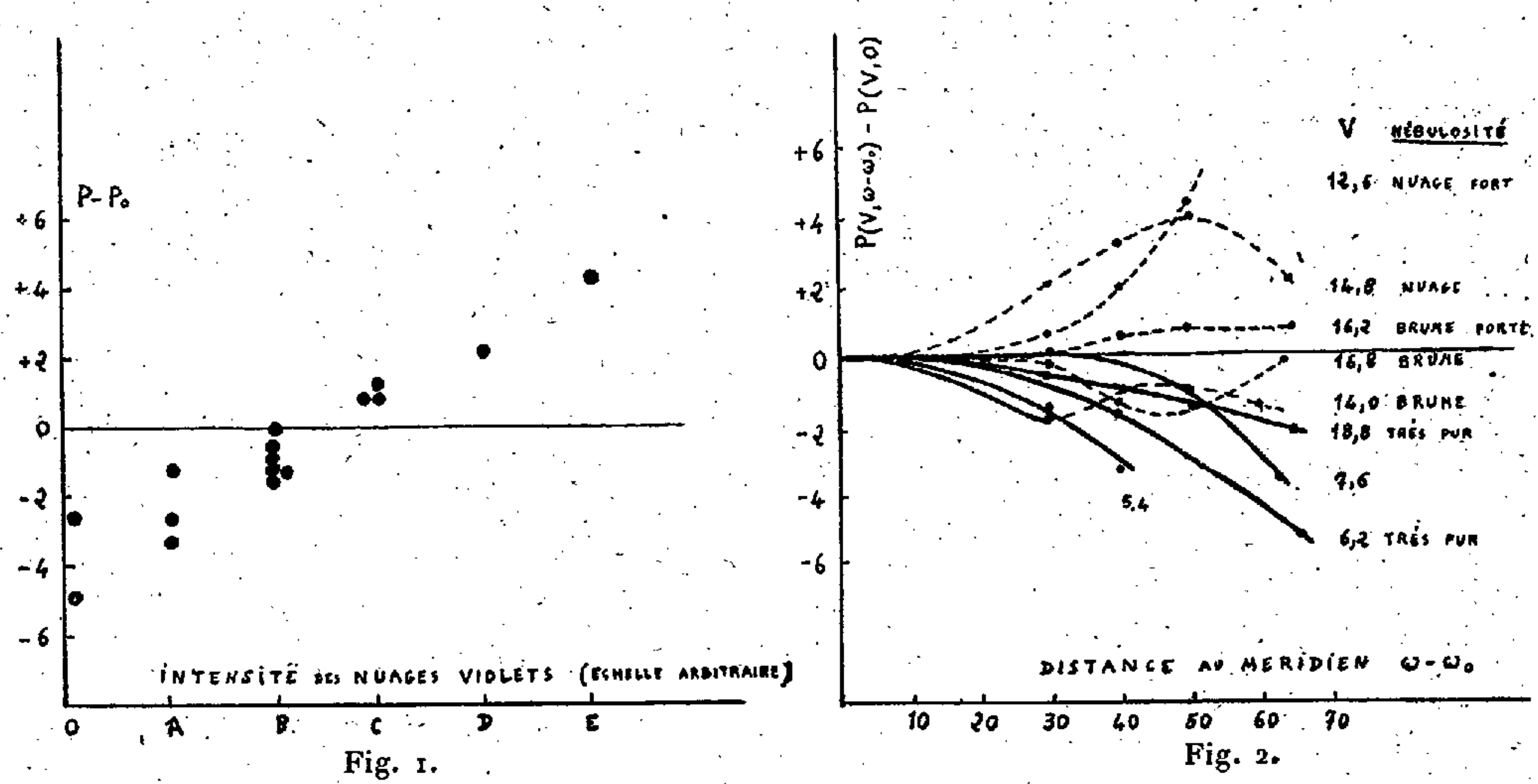


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Corrélation entre la différence de polarisation au centre et au bord du disque, et la nébulosité au bord du disque (nuages « violets »).

Fig. 2. — Variation de polarisation des régions claires avec la distance au centre.

sur le bord du disque, une polarisation positive d'autant plus forte que le nuage est plus marqué et qui se retranche de la polarisation négative du sol (*fig.* 1 et 2).

(²) A. DE LA BAUME PLUVINEL et F. BALDET, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 838.

(³) *Cf.* figure II, référence (¹).

(⁴) B. LYOT, *Thèse de doctorat*, p. 131.

Ces nuages existent presque en permanence aux bords levant et couchant de la planète et n'accompagnent pas la rotation diurne. Observés plusieurs fois pendant 7 heures consécutives, ils présentent de rapides fluctuations de forme et d'intensité qui se traduisent également par des fluctuations de la polarisation dépassant 5 °/₀₀ en 1^h30. Leur structure serait à rapprocher de celle des *nuages nacrés* que l'on observe et photographie facilement en bleu dans l'atmosphère terrestre polaire à 30^{km} d'altitude, dans des conditions analogues de température et de pression.

4° *Déviation du plan de polarisation.* — Si l'on oriente le polarimètre à 45° du plan de polarisation moyen, on observe souvent, sur des régions généralement voilées de nuages, une polarisation résiduelle de quelques millièmes très variable en orientation et grandeur, à rapprocher de certaines polarisations par diffusion oblique ([5]).

5° *Polarisation de l'atmosphère.* — La figure 2 montre la polarisation par obliquité de Mars, mesurée pour différents angles de vision V. Celle-ci résulte de la polarisation par diffusion oblique du sol $\Delta(\omega-\omega_0)$, de la polarisation des nuages et de celle de l'atmosphère $\sin^2 V/(1+\cos^2 V)$. J'ai vérifié au laboratoire sur 8 échantillons différents que $\Delta(\omega-\omega_0)$ est pratiquement indépendant de V pour $V < 20°$. Si l'on admet que les observations avec $V = 6°,2$ et $V = 18°,8$ (*fig.* 2) sont effectuées en l'absence totale de nuages martiens, l'écart des mesures est donc attribuable à l'atmosphère seule, et leur comparaison fournit la brillance de celle-ci ([6]) : la brillance de l'atmosphère serait, au centre du disque, 0,06 fois celle des régions claires du sol, ce qui correspondrait ([7]) à *une pression atmosphérique de* 6 *cm de* Hg. Ce résultat n'est toutefois qu'une simple indication.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *La concentration des vitesses des étoiles* A *et* F *autour du mouvement du courant de la Grande Ourse.* Note (*) de M. **Jean Delhaye**, présentée par M. André Danjon.

La grande dispersion spatiale des membres du courant de la Grande Ourse ([1]) pourrait suggérer l'existence parmi les étoiles des premiers types spectraux

---

([5]) B. Lyot, *Thèse de doctorat*, p. 124.

([6]) Si I_1 et I_2 sont les intensités du sol et de l'atmosphère au centre du disque, on écrit pour les deux valeurs de V l'équation

$$P(V,\omega-\omega_0) \# \frac{[P(V,O)+\Delta(\omega-\omega_0)]I_1+\dfrac{\sin^2 V}{1+\cos^2 V}\,\dfrac{I_2}{\cos(\omega-\omega_0)}}{I_1+\dfrac{I_2}{\cos(\omega-\omega_0)}}.$$

On tire I_2 et $\Delta(\omega-\omega_0)$ par élimination

([7]) G. de Vaucouleurs, *Ciel et Terre*, 1945, sept.-oct.

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) Voir par exemple la Note de Miss N. G. Roman dans *Astronom. J.*, 53, 1948, p. 116.

d'un mouvement préférentiel dans une direction voisine de celle du courant, comme cela ressort aussi d'un mémoire de Strömberg (²).

Au cours d'un séjour à l'Observatoire de Leyde, M. le professeur J. H. Oort m'a suggéré d'étudier dans ce sens un matériel de vitesses spatiales, non encore publiées, et calculées par M. le baron J. E. de Vos Van Steenwijk. La description de ce matériel pourra être trouvée dans un article qui paraîtra prochainement dans un autre recueil et dont la présente Note ne constitue qu'un résumé succinct. Il comprend les composantes galactiques des vitesses spatiales par rapport au Soleil d'environ 2000 étoiles plus brillantes que $6^m,5$.

Pour la vitesse du courant, on a adopté des résultats (non publiés et aimablement communiqués par l'auteur) obtenus dans une étude récente par Miss N. G. Roman, soit relativement au Soleil :

$$A = 307°,3, \quad D = -37°,7 \quad V = 15,8 \text{ km.sec}^{-1}.$$

Le matériel de vitesses spatiales dont il a été question plus haut et dont on a considéré seulement les étoiles A(A0 — A9) et F(F0 — F9) indique effectivement l'existence d'une concentration autour de cette vitesse. Pour l'étudier d'une façon plus précise et pour éliminer en particulier les erreurs qui affectent les parallaxes, on a simplement utilisé ces vitesses pour sélectionner les étoiles dont les points-vitesses se trouvent dans une sphère de 10 km.sec^{-1} de rayon et centrée au point-vitesse du courant (en tout 35 étoiles pour les 2 types); on est ensuite revenu aux angles de position des mouvements propres et aux vitesses radiales séparément, c'est-à-dire qu'on a calculé pour chacune des étoiles sélectionnées, l'angle de position du mouvement propre et la vitesse radiale théoriques qu'elle doit avoir si elle suit rigoureusement le mouvement qui correspond à l'apex et à la vitesse indiqués. Les distributions des résidus obtenus par comparaison de ces valeurs théoriques aux valeurs observées peuvent être comparées aux distributions théoriques qu'on obtiendrait dans l'un ou l'autre de quelques cas hypothétiques. Trois hypothèses ont été considérées :

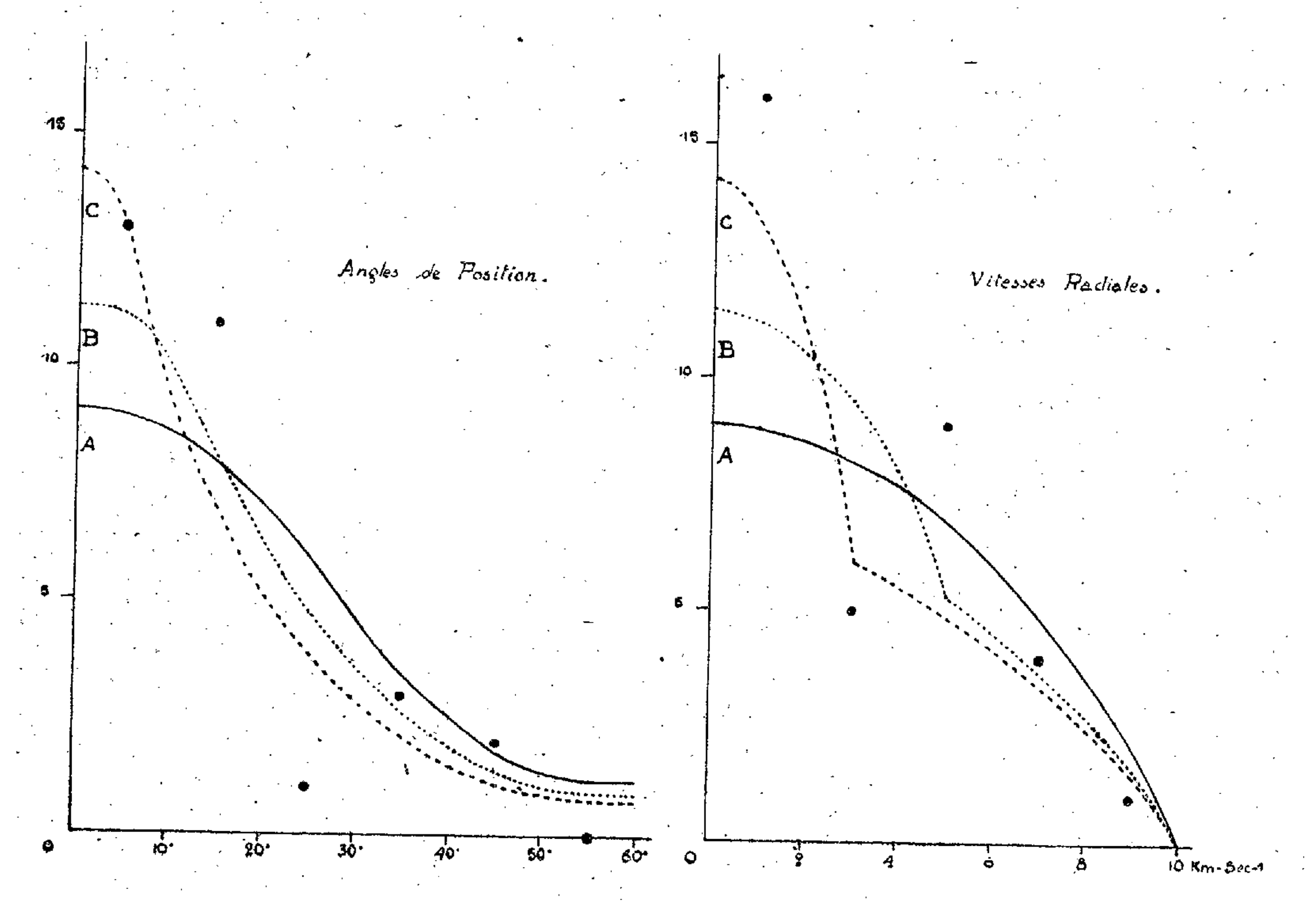
a. les points-vitesses sont distribués uniformément dans la sphère de 10 km.sec^{-1} de rayon;

b. les points sont distribués comme il suit : dans une sphère de 10 km.sec^{-1} de rayon située dans la région de l'espace des vitesses opposée à la vitesse de la Grande Ourse, on trouve 8 étoiles; on suppose donc 8 étoiles accidentellement présentes dans la sphère considérée et les étoiles restantes distribuées moitié dans une sphère de 5 km.sec^{-1} de rayon et moitié entre cette sphère et la sphère précédente;

c. les points sont distribués comme dans le cas *b*, mais la sphère de 5^{km} est remplacée par une sphère de 3^{km} de rayon.

(²) *Astrophys. J.*, 57, 1923, p. 77.

Sur les deux figures les points représentent la distribution observée des valeurs absolues des résidus, respectivement pour les angles de position du mouvement propre et les vitesses radiales, et les courbes représentent les distributions théoriques correspondant aux trois cas indiqués.



Le matériel considéré ne permet pas de préciser davantage les conclusions de ce travail, mais ces deux figures indiquent l'existence d'une concentration réelle des vitesses autour de la vitesse du courant; elles indiquent en même temps que les vitesses des étoiles appartenant à ce groupe présentent une dispersion d'environ 2 ou 3 $\mathrm{km.sec^{-1}}$ dans une coordonnée.

Le grand nombre des membres trouvés par les différents auteurs trouve ainsi une confirmation, mais aussi cette grande dispersion dans les vitesses, jointe à la grande dispersion spatiale, permet d'émettre l'hypothèse de l'existence parmi les étoiles étudiées d'un mouvement préférentiel qui, par le nombre de ses membres, la dispersion de leurs vitesses et l'étendue du volume occupé dans l'espace, ne rentrerait pas dans la notion classique d'amas en mouvement. L'amas de la Grande Ourse au sens strict verrait ainsi ses dimensions notablement réduites.

Une étude en cours d'un matériel plus important permettra sans doute de préciser ces conclusions.

ÉLECTRONIQUE. — *Méthode expérimentale pour l'essai* à priori *des lignes à retards pour amplificateur à ondes progressives* [1]. Note de M. **Pierre Lapostolle.**

Les théories sur l'amplificateur à onde progressive conduisent à étudier l'interaction entre un faisceau électronique et une onde progressive [2]. Or, on peut montrer [3] que, pour le calcul du gain de l'onde amplifiée dans le phénomène d'interaction, toute la partie de la ligne à retard extérieure au faisceau n'intervient que par un seul coefficient P; ce coefficient caractérise donc, pour un rayon de faisceau donné, l'action de la ligne à retard utilisée et son efficacité pour l'amplification.

Je me propose d'indiquer une méthode permettant de déduire P de mesures de propagation effectuées sur la ligne seule et en l'absence de faisceau. On peut alors, sans avoir besoin de construire un tube et d'y faire le vide, prévoir le gain qu'il sera susceptible de fournir. Le coefficient P dépend du rayon r_0 du faisceau; il est possible d'introduire un autre coefficient Λ indépendant de r_0 et permettant de calculer $P(r_0)$. Λ caractérisera alors la ligne à retard seule.

1. *Principe de la mesure de* P. — On peut déduire P de l'expérience suivante: on remplace exactement le faisceau électronique par une tige cylindrique de matière diélectrique. Son introduction a pour effet de ralentir la propagation des ondes. Ce ralentissement se calcule très facilement en fonction du coefficient P. On connaît en effet la distribution des champs à l'intérieur d'un diélectrique; des relations du type (1) permettent de calculer sur sa surface

$$(10)\qquad y_E = \frac{2}{j\omega\varepsilon_0 r_0}\frac{H_{\theta E}}{E_{zE}}, \qquad P = -\frac{dy_E}{du},$$

pour une onde du type E de l'ordre de celle excitée dans la ligne.

Si l'on a affaire à une ligne où une onde du type E peut se propager seule (par exemple onde E_0 dans une ligne à retard diélectrique), les relations (10) donnent P sans difficulté.

Si, au contraire, les conditions aux limites sur la ligne sont telles que des ondes E et H coexistent nécessairement (hélice, ligne diélectrique en symétrie de répétition d'ordre n), il y a lieu de vérifier que les ondes H ont une distri-

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12366, déposé le 10 décembre 1947, ouvert à la demande de l'auteur le 19 juillet 1948, et inséré après rapport favorable de la Commission.

(2) J'ai étudié, en collaboration avec A. Blanc-Lapierre, un modèle d'amplificateur avec ligne à constantes localisées (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 104). J'ai d'autre part développé l'étude d'un amplificateur à guide diélectrique et généralisé ces résultats à une ligne à retard quelconque dans trois Notes (*Comptes rendus*, 224, 1947, p. 268, 558, 814) auxquelles je renvoie pour les notations et le numéro des formules.

(3) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 559, et *Thèse de Doctorat ès Sciences physiques*, Paris, 1947.

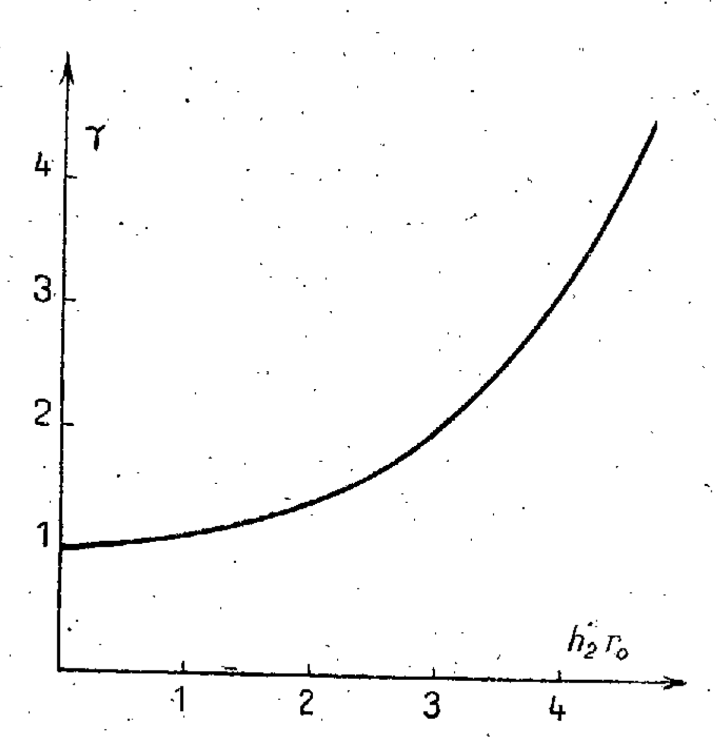
bution analogue dans le faisceau et dans le diélectrique qui le remplace; or, pour une onde H_n

(11) $$H_z = A_3 I_n(h_3 r)\, e^{j\omega t + kz}; \qquad E_0 = B_3 I'_n(h_3 r)\, e^{j\omega t + kz}; \qquad \frac{A_3}{B_3} = j\frac{h_3}{\mu_0 \omega},$$

où h_3 a, dans le diélectrique, la valeur h'_1 et, dans le faisceau la valeur h'_2.

(1') $$h'^2_1 = -k^2\left(1 + K\frac{\omega^2}{k^2 c^2}\right);$$ (2') $$h'^2_2 = -k^2\left(1 + \frac{\omega^2}{k^2 c^2}\right).$$

On voit que la méthode s'applique encore simplement si $K v_0^2/c^2 \ll 1$ (K constante diélectrique de la baguette introduite); cette condition est aisément réalisée en pratique.



II. *Détermination de* A. — Il est d'autre part possible de relier théoriquement la valeur du coefficient P, et, par suite, du gain, au rayon r_0. Par exemple, pour des ondes E_0, entre la ligne et le faisceau, les champs sont de la forme

(12) $$E_z = A_4[I_0(h'_2 r) + \lambda K_0(h'_2 r)]\, e^{j\omega t + kz}; \qquad H_\theta = B_4[I_1(h'_2 r) + \lambda K_1(h'_2 r)]\, e^{j\omega t + kz}.$$

Le coefficient λ est déterminé par la condition aux limites sur la ligne. A partir de ces expressions, il est facile de calculer les variations de P en fonction de r_0

(13) $$\left(1 + \frac{\omega^2}{k^2 c^2}\right) v_0 P = A\,\frac{2}{h'_2 r_0}\,\frac{I_1(h'_2 r_0)}{I_0(h'_2 r_0)}\left[\frac{K_1(h'_2 r_0)}{K_0(h'_2 r_0)} + \frac{K_0(h'_2 r_0)}{K_1(h'_2 r_0)}\right] - 4\,\frac{I_1(h'_2 r_0)}{I_0(h'_2 r_0)}\left\{\frac{1}{h'_2 r_0} + \frac{1}{2}\left[\frac{I_1(h'_2 r_0)}{I_0(h'_2 r_0)} - \frac{I_0(h'_2 r_0)}{I_1(h'_2 r_0)}\right]\right\}.$$

A, indépendant de r_0, dépend seulement des conditions aux limites, c'est-à-dire uniquement de la ligne, il permet de prévoir le gain que l'on obtiendra en associant cette ligne avec un faisceau de caractéristiques arbitraires.

On a donné (voir *fig.* 1) un exemple des variations du gain en fonction de r_0.

III. *Résultats expérimentaux.* — Des expériences déjà réalisées vérifient bien les résultats théoriques exposés en I et II.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique par dilatométrie isotherme de la transformation de l'aragonite en calcite.* Note (*) de MM. **Matei Pruna**, **René Faivre** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Pierre Jolibois.

Le passage de l'aragonite à la calcite s'effectue avec une forte expansion (2,5 % environ). Nous avons songé à utiliser cette propriété pour étudier la cinétique de cette transformation.

Nous avons utilisé un dilatomètre différentiel de Chévenard avec enregistrement du temps. L'étalon était constitué par un barreau d'aluminium dont la longueur était calculée de telle sorte que sa dilatation pût compenser très exactement la dilatation pure de l'échantillon. Nous avons préparé l'aragonite microcristalline par double décomposition à 60° (¹) des solutions de chlorure de calcium et de carbonate de sodium. Ce corps était ensuite aggloméré à la presse en utilisant comme liant quelques gouttes d'une solution très diluée de silicate de sodium (²). On obtient ainsi des éprouvettes qui après un recuit de 24 heures à 150° ne subissent qu'un retrait négligeable; en effet, l'expansion observée au cours de la transformation est en bon accord avec celle qui peut être calculée à partir des données cristallographiques (³).

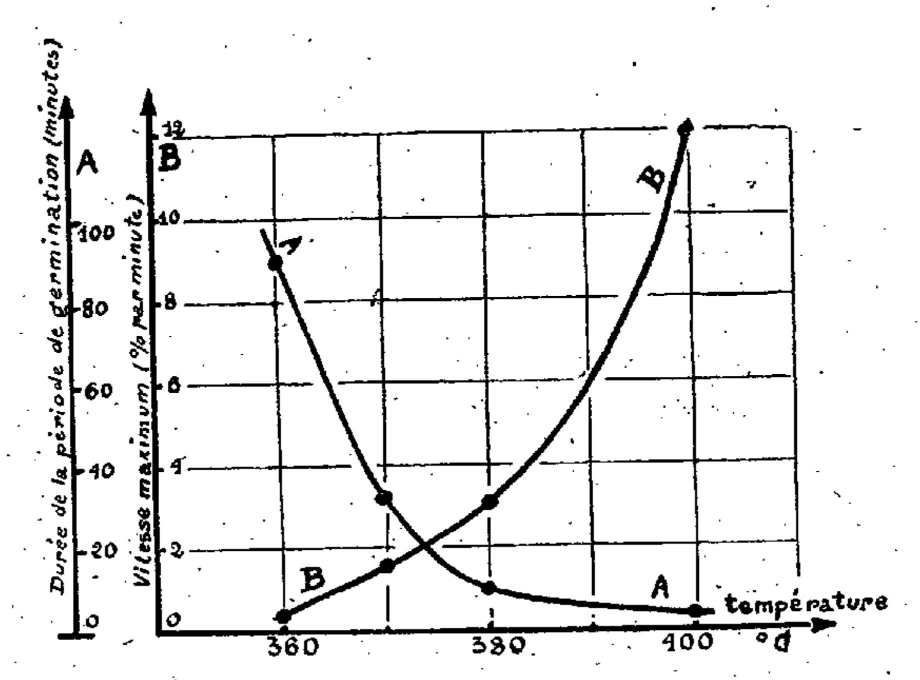


Fig. 1. — Variations en fonction de la température.
A, de la durée de la période de formation des germes; B, de la vitesse maximum de transformation.

Nous avons tracé des courbes de dilatation isotherme à différentes températures comprises entre 350 et 410°. Ces courbes montrent que la transformation de l'aragonite est toujours précédée d'une période *d'induction* d'autant plus longue que la température est plus basse (courbe A de la figure 1). Au cours de cette période on ne constate aucune dilatation appréciable. Ensuite la trans-

(*) Séance du 12 juillet 1948.
(¹) R. Faivre, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 140.
(²) Soit 2/10000 du poids de CO_3Ca.
(³) Wyckoff, *Am. J. Sc.*, 9, 1925, p. 145.

formation s'effectue avec une vitesse croissante; celle-ci passe par un maximum que l'on peut déterminer d'une façon précise (courbes de la figure 2). Cette vitesse maximum croît avec la température de l'expérience (courbe B de la figure 1).

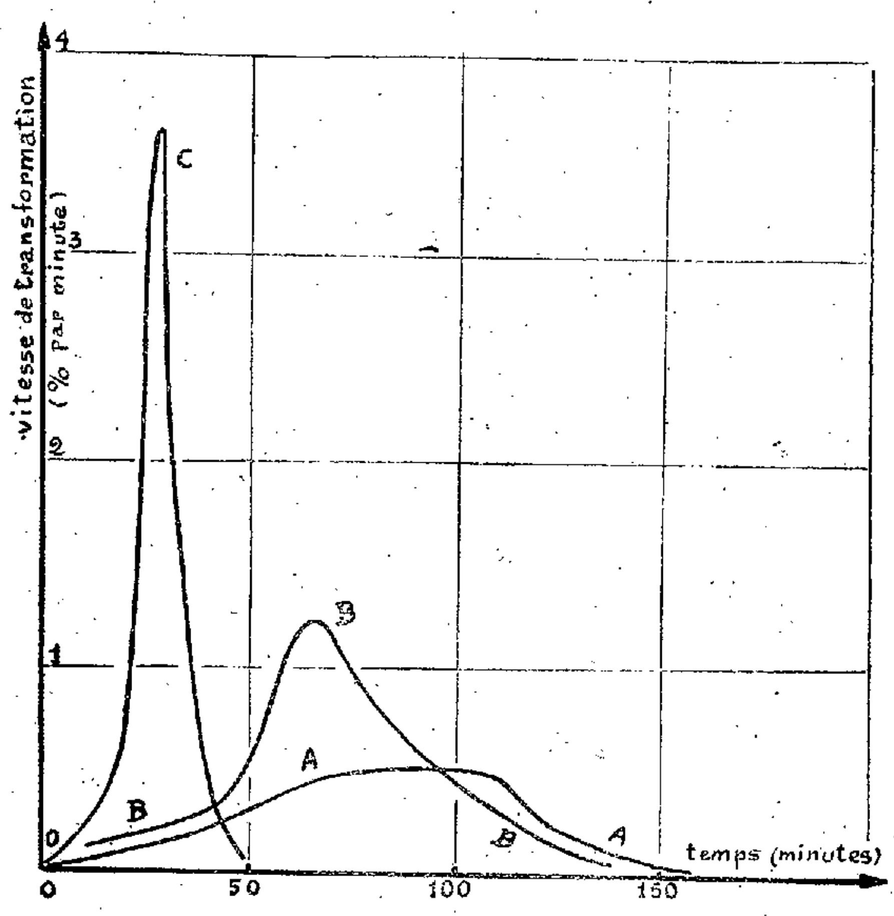


Fig. 2. — Influence d'additions de calcite sur la vitesse de transformation isotherme de l'aragonite (380°). A, aragonite pure; B, aragonite plus 5 pour 100 de calcite grossière; C, aragonite plus 5 pour 100 de calcite fine.

Un certain nombre d'expériences nous ont montré que la cinétique de la transformation est réglée par la formation de germes de calcite pendant la période d'induction; c'est ainsi que si l'on mélange aussi intimement que possible de l'aragonite avec de la calcite, on constate que la durée de la période d'induction est diminuée et que la vitesse de transformation est accrue (courbes de la figure 2). Cet effet accélérateur est fortement augmenté par la finesse de cristallisation de la calcite.

Le nitrate de sodium, isomorphe de la calcite, peut jouer le même rôle. Au contraire, des corps comme la magnésie, le chlorure de sodium, le carbonate de baryum, ne jouent pas ce rôle de germes. D'autre part, si l'on interrompt à plusieurs reprises l'expérience de dilatométrie isotherme au cours de la période d'induction, en effectuant des refroidissements rapides de l'éprouvette, on constate que la durée totale des périodes d'induction est considérablement accrue et que la vitesse de transformation est très diminuée. Au contraire, des refroidissements très courts de l'éprouvette effectués au cours de la transformation elle-même n'ont aucune influence sur sa vitesse. Cette observation montre bien que la formation de germes cristallins a lieu uniquement pendant la période d'induction. Celle-ci pourrait donc être appelée *période de germination*. Il est intéressant de signaler qu'elle devient beaucoup plus courte lorsque l'expérience est effectuée dans une atmosphère riche en gaz carbonique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de traitements thermiques sur la texture et la structure d'une montmorillonite.* Note (*) de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note [1] nous avons décrit une méthode simple de traitement par le vide permettant d'évaluer le nombre de molécules d'eau de constitution de la montmorillonite. Grâce à cette technique, il nous a été possible de mesurer la surface d'une montmorrillonite naturelle calcique et de la même terre rendue sodique par un lavage acide suivi d'une neutralisation à la soude. Nous avons ainsi montré que la surface d'une terre peut varier avec les conditions du traitement sous vide.

Nous avons poursuivi ces expériences sur la même montmorillonite, calcique, sodique ou acide suivant le cas, en faisant varier la température et la durée de l'évacuation sous vide élevé. Après chaque traitement, la surface a été mesurée par adsorption d'azote à — 195° et éventuellement de butane à 0°. Ces surfaces, exprimées en mètres carrés par gramme de produit calciné dans l'air à 900°, sont données dans le tableau ci-après sous les symboles S_N pour les mesures faites avec l'azote et S_C pour celles utilisant le butane. Il est admis avec Brunauer [2] que l'aire occupée par une molécule adsorbée est de 16,2 Å² pour l'azote et de 32 Å² pour le butane. La température T et le temps *t* en heures définissent le traitement préalable sous vide; le nombre *n* de groupements hydroxyles par maille caractérise l'état actuel du produit examiné.

Produit examiné.	Traitement sous vide. T.	*t*.	État cristallin. *n*.	Surfaces. S_N.	S_C.
1-montmorillonite calcique.......	20°	180	4,0	48	—
2-montmorillonite calcique.......	180	80	4,0	52	35
3-montmorillonite sodique.......	20	150	4,0	13,5	—
4-montmorillonite sodique.......	180	100	4,0	87	34
5-montmorillonite sodique.......	450	24	2,6	66	27,5
6-montmorillonite sodique.......	450	48	2,25	61	—
7-produit précédent réhydraté....	20	240	—	40	—
8-produit 6 réhydraté............	180	40	3,0	87	—
9-montmorillonite acide.........	20	240	4,0	68	—
10-montmorillonite acide.........	110	100	4,0	74	—
11-montmorillonite acide.........	180	100	4,0	78	—
12-montmorillonite acide.........	450	24	1,3	71	—

Toutes les isothermes d'adsorption ont une forme en S, tournant leur concavité tout d'abord vers l'axe des pressions puis vers l'axe des volumes adsorbés.

(*) Séance du 2 août 1948.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1337.

(2) *Adsorption of Gases and Vapors*, I, 1944, p. 287, Oxford University Press.

Elles correspondent au type II de la classification de Brunauer (*loc. cit.*, p. 150) et révèlent une adsorption multimoléculaire exempte de condensation capillaire.

Les résultats précédents montrent que le chauffage sous vide à 450° de la terre sodique ou acide entraîne le départ d'une partie de l'eau de constitution. La surface n'est pas accrue mais légèrement diminuée par ce départ d'eau qui n'a donc pas pour conséquence la création de lacunes dont l'existence aurait été décelée par une augmentation de surface.

La terre sodique traitée sous vide durant 48 heures à 450° (échantillon n° 6) a été réhydratée par introduction d'eau à 100° dans l'ampoule contenant cet échantillon. Elle gonfle et se désagrège complètement au contact de l'eau. Désorbée ensuite sous vide à 180° jusqu'à poids constant, elle accuse la même surface de 87 m^2/g que l'échantillon n° 4 dont elle diffère pourtant par la perte du quart de l'eau de cristallisation. Mering ([3]) signale que la même terre sodique chauffée sous la pression atmosphérique ne peut plus se désagréger dans l'eau dès qu'elle a perdu environ 0,35 groupement OH par maille, bien qu'aucun changement ne soit observé dans le diagramme de diffraction des rayon X. Il ne s'agit donc sûrement pas du même processus de dégradation que celui provoqué par 48 heures de chauffage sous vide à 450°.

L'échantillon réhydraté n° 7 conserve une molécule d'eau par ion sodium quand il est traité sous vide à 20°, fait déjà signalé pour le produit n° 3 dans notre précédente Note (*loc. cit.*). Mais la surface est ici de 40 et non de 13,5 m^2/g.

La surface de la terre acide dépend très peu du traitement sous vide. La fragilité de structure de cette terre est mise en évidence par le fait qu'un chauffage à 450° durant 24 heures lui enlève les deux tiers de son eau de constitution. Mais à l'opposé de ce qui se passe avec la terre sodique, cet important départ d'eau n'entraîne qu'une faible diminution de la surface.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés diélectriques des γ-glycols et de leurs dérivés.* Note de M. **Nguyen Quang Trinh**, transmise par M. Paul Pascal.

Nous avons étudié les γ-glycols et quelques-uns de leurs dérivés, les premiers en solutions dioxaniques et les seconds en solutions benzéniques. Les travaux de Williams ([1]) et de Smyth et Wals ([2]) ont en effet dissipé les craintes d'association entre les glycols et le dioxane, surtout dans l'échelle des concentrations molaires que nous avons adoptée et qui va de 8.10^{-3} à 3.10^{-2}.

([3]) Mémoire à paraître aux *Transactions of the Faraday Society*.

([1]) *Journ. Am. chem. Soc.*, **52**, 1931, p. 1838.

([2]) *Journ. Am. chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 2115.

En utilisant la formule de Sugden $P_2 = M_2[p_1 + (p_{12} - p_1)/W]$ avec $p_1 = (\varepsilon_1 - 1)/(\varepsilon_1 + 2) 1/d_1$, $p_{12} = (\varepsilon_{12} - 1)/(\varepsilon_{12} + 2) 1/d_{12}$, $W = m_2/(m_1 + m_2)$ (l'indice 1 désignant le solvant et l'indice 2 désignant le corps dissous) en admettant directement comme valeur de $P_A + P_E$ (polarisations atomique et électronique) la valeur de la réfraction moléculaire pour la raie D, nous avons obtenu les résultats suivants pour la polarisation totale et le moment polaire, celui-ci étant donné par la formule $10^{18}.\mu = 0,01273\sqrt{[P_{2\infty} - (P_A + P_E)]T}$.

Corps.	Formule.	$P_{2\infty}$.	R_{MD}.	$10^{18}\mu_{20°}$.
Butanediol 1.4	$CH_2OHCH_2CH_2CH_2OH$	155,5	23,8	2,5
Diacétine du butanediol 1.4	$CH_3CO_2CH_2CH_2CH_2CH_2CO_2CH_3$	169	42,45	2,45
Butène 2 diol 1.4 *cis*	$CH_2OHCH{=}CHCH_2OH$	152,8	23,25	2,48
Diacétine du butène 2 diol 1.4 *cis*	$CH_3CO_2CH_2CH{=}CHCH_2CO_2CH_3$	167,4	41,99	2,44
Butène 2 diol 1.4 *trans*	$CH_2OHCH{=}CHCH_2OH$	149,7	23,3	2,45
Diacétyne du butène 2 diol 1.4 *trans*	$CH_3CO_2CH_2CH{=}CHCH_2CO_2CH_3$	155,4	41,98	2,32
Butyne diol 1.4	$CH_2OHC{\equiv}CCH_2OH$	165,4	21,7	2,61
Diacétine du butyne diol 1.4	$CH_3CO_2CH_2C{\equiv}CCH_2CO_2CH_3$	164,8	40,5	2,43
Dibenzoate du butyne diol 1.4	$C_6H_5CO_2CH_2C{\equiv}CCH_2CO_2C_6H_5$	298,1	79,4	3,22
Diacétine du butène diol 1.2	$CH_2{=}CH{-}CH(CO_2CH_3){-}CH_2CO_2CH_3$	163,9	42	2,40

Si dans l'ensemble les moments sont très voisins, leurs différences dépassent les erreurs d'expérience (qui sont de l'ordre de $10^{-18} \times 0,03$) et permettent quelques remarques :

Les valeurs 2,5 du moment du butane-diol et 2,45 du moment de sa diacétine sont en accord avec les déterminations connues faites sur quelques diols $CH_2OH(CH_2)^nCH_2OH$ et quelques diesters, comme le malonate et le succinate d'éthyle. Comparées avec la valeur moyenne 1,7 des monoalcools (nous avons obtenu avec des solutions dans le dioxane 1,69 pour l'alcool éthylique et 1,68 pour l'alcool butylique) et la valeur moyenne 1,9 du groupe CO_2; ces déterminations connues justifient le principe de la libre rotation, elles montrent que les groupes OH ont une implantation quasi normale à la chaîne carbonée et que le moment des groupes CO_2 doit faire un angle de 70° avec la ligne des carbones.

La double liaison dans les deux butène-diols impose certainement deux positions privilégiées stables; la différence est nette entre les isomères géométriques, et le moment diélectrique serait ainsi un outil précieux pour l'étude des comportements *cis-trans* des dérivés $CH_2XCH{=}CHCH_2X$ (Prévost et Valette) (3).

La dépréciation de la résultante des moments locaux des formes *cis* (diols et diacétines) est ici assez faible; les groupes OH et CO_2 n'étant pas liés direc-

(3) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 326; **223**, 1946, p. 907.

tement aux carbones éthyléniques, l'interaction électrostatique de ces dipôles assez éloignés doit être négligeable. La position relative en α des deux CO_2 dans la diacétine du butène-diol-1.2 introduit une dépréciation plus marquée.

Plusieurs séries de mesures donnent toujours pour le moment du butyne-diol-1.4, la valeur moyenne de $2,6.10^{-18}$. Il faudrait y voir sans doute un effet propre de la triple liaison; mais, seule une étude systématique des liaisons multiples permettrait des interprétations plus avancées. En tout cas, dans les corps étudiés aujourd'hui, à cause de la position relative en γ des groupes OH ou CO_2, la présence des doubles ou triples liaisons n'a pas grand effet sur le moment résultant.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un appareil permettant le calcul approché de certaines intégrales définies dans les problèmes de structure.* Note (*) de M. **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

En étudiant la distribution des intensités dans les spectres de rayons X des molécules à longues chaînes [1], [2], nous avons été amené à calculer des intégrales de la forme

$$I=\int_0^d f(x)\cos\left(\frac{2\pi rx}{d}+\varphi\right)dx,$$

dans lesquelles d est la longueur de la molécule, $f(x)$ le *pouvoir diffractant* de l'élément dx, et r l'ordre de diffraction, essentiellement entier. De telles intégrales se rencontrent fréquemment et ce problème est un cas simplifié du calcul plus général des facteurs de structure [3].

Nous avons réalisé un appareil automatique d'une très grande simplicité, permettant d'obtenir avec une très bonne approximation la valeur de I [1]. Cette Note a pour but de préciser certains détails d'exécution.

Principe. — On dispose de deux résistances AB et ED sur lesquelles se déplacent deux curseurs; l'ensemble est monté comme l'indique le schéma. Sur AB se déplace le curseur C de façon que la distance AC soit proportionnelle à $f(x)$. En circuit ouvert, la différence de potentiel V_1 entre les points A (relié à la masse) et C est aussi proportionnelle à $f(x)$; nous admettrons pour simplifier que le coefficient de proportionnalité est égal à 1.

V_1 est appliqué aux bornes de la résistance ED de valeur convenable, sur laquelle se déplace le curseur F, de façon que la distance MF soit proportionnelle à $\cos(2\pi rx/d+\varphi)$. Supposons que le coefficient de proportionnalité soit

(*) Séance du 2 août 1948.

(1) G. Rodier, Dipl. Ét. Sup. Sciences physiques, Poitiers, 12 juillet 1947.

(2) G. Rodier, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1948, p. 637 et suiv.

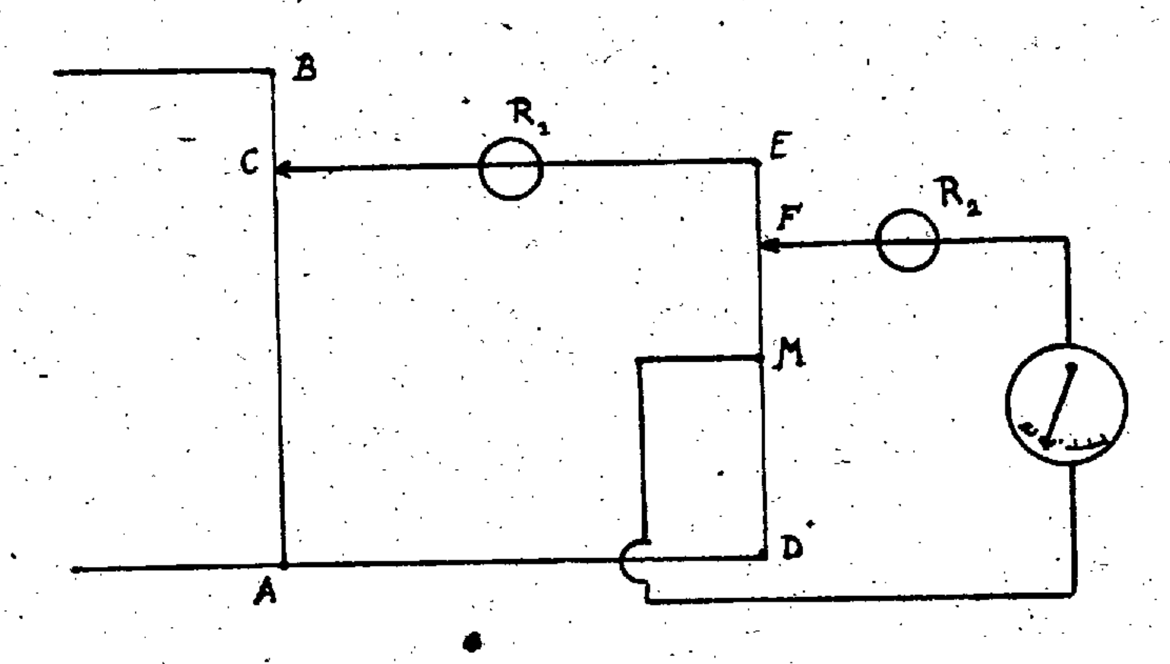
(3) J. Brenet, *J. de Phys.*, 5, 1946, p. 139-144.

de nouveau égal à 1. La différence de potentiel $V(x)$ entre M et le curseur est approximativement égale à

$$V(x) = f(x) \cos\left(\frac{2\pi r x}{d} + \varphi\right).$$

On reporte les valeurs de $V(x)$ sur un graphique; il suffit alors de faire la différence des surfaces comprises au-dessus et au-dessous de l'axe des abscisses pour obtenir la valeur de I.

Réalisation. — Dans le modèle que nous avons réalisé, les résistances sont des fils de maillechort de $0^{mm},5$ de diamètre; en R_1 on dispose d'une résistance supplémentaire de 100 ohms environ et en R_2 d'une résistance de 40000 ohms environ. Ces résistances sont variables.



La réalisation de la différence de potentiel proportionnelle à $f(x)$ n'offre pas de difficultés; il suffit de dessiner $f(x)$ sur un tambour de rayon convenable, de le faire tourner devant le curseur C qui se déplace sur la résistance correspondante. Pour la deuxième partie, au moyen d'un jeu d'engrenages, le tambour entraîne une roue qui fait r tours pendant que le tambour en fait un. La rotation d'un point de la périphérie de la roue donne en projection sur un axe un déplacement proportionnel à $\cos(2\pi rx/d + \varphi)$. Une came transmet le mouvement cherché à F. La différence de potentiel est finalement prise entre M et F, donnant directement sur l'appareil de mesure les surfaces avec le sens convenable, à condition que celui-ci soit construit de manière à avoir le zéro au milieu de l'échelle. R_1 et R_2 permettent alors d'amener l'aiguille de l'appareil au maximum de déviation quand C est en B et F en E ou en D.

Précision. — Avec les valeurs données plus haut, l'appareil nous a permis d'atteindre une précision de 2 à 3 %, ce qui est très suffisant pour les cas que nous avions à examiner. Un calcul simple donne les valeurs *optima* des divers éléments (¹). Nous avons ainsi étudié la distribution des intensités dans les

(¹) G. Rodier, Dipl. Poitiers, p. 52-55.

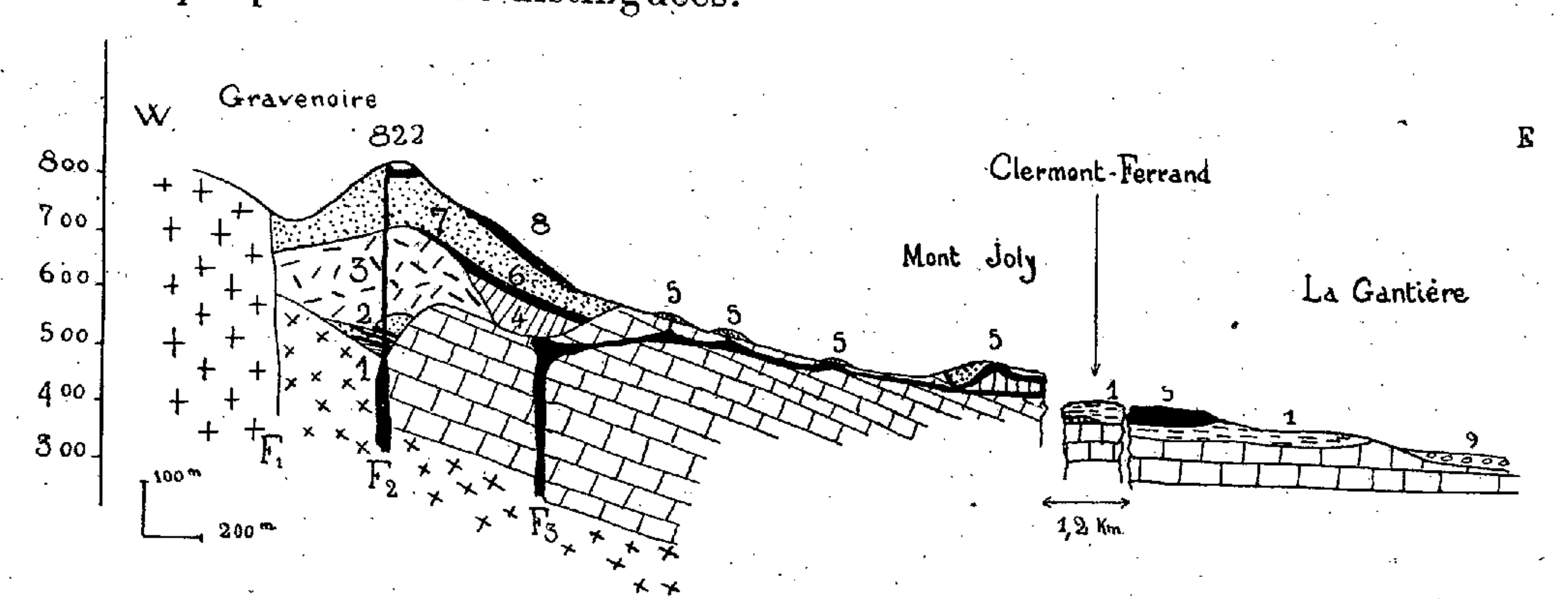
spectres de rayons X des laurate, myristate, palmitate et stéarate de β-chloréthyle, étendus en couche mince. Les résultats montrent que les divergences ne proviennent pas de l'appareil que nous venons de décrire.

Un modèle plus perfectionné, entièrement électrique, est actuellement en cours de montage.

VOLCANOLOGIE. — *Sur les éruptions quaternaires de la région de Clermont-Ferrand.* Note (*) de M. **Louis Glangeaud**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Les éruptions de la région de Clermont-Ferrand ont été étudiées, notamment par A. Michel-Lévy et Ph. Glangeaud ([1]). Ayant levé, au 1/20000, la carte de cette région, de 1927 à 1938, j'ai pu reconstituer la succession des phases éruptives et les relier aux variations locales du niveau de base des rivières. Le Quaternaire ([2]) comprend ici trois cycles de creusement-remblaiement : anté-wurmien (thyrrhéno-monastirien ?), wurmien et flandrien.

Les premières éruptions quaternaires de cette région coïncident avec le maximum de creusement anté-wurmien, caractérisé par *Elephas antiquus*. Les dernières sont antérieures au remblaiement wurmien contenant la faune froide du *Renne*. Dans cet intervalle, huit phases d'activité et de repos volcanique peuvent être distinguées.



La première phase ([1]) a donné des conglomérats et des tufs fortement cimentés qui occupent le fond des vallées et des dépressions anté-volcaniques. Une dépression, de direction N-S, passait à l'Est du cimetière de Royat. Elle correspondait au faisceau de fractures secondaires qui accompagne la faille principale de la Limagne (*fig.* 1). Plusieurs vallées Est-Ouest étaient, par

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) A. Michel-Lévy, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **18**, p. 887-1890; Ph. Glangeaud, *Bull. serv. carte. géol. Fr.*, n° **82**, 1900; n° **123**, 1908, n° **155**, 1913.

([2]) L. Glangeaud, *C. R. S. G. F.*, 5e série, **10**, 1940, p. 52-54.

contre, perpendiculaires à cette dépression. L'une d'elles aboutissait à la Gantière près de Crouelle. Le long de cette vallée anté-volcanique, à l'Ouest de Beaumont, et à la Gantière, au milieu des tufs de lapillis sont intercalés des alluvions à gros galets de quartz, de gneiss et de granite. Ils contiennent des débris de basalte miocène à gros cristaux de pyroxène et d'olivine.

Les conglomérats formant la butte de Clermont-Ferrand appartiennent à cette série inférieure 1. Ils reposent, comme Ph. Glangeaud l'a montré ([3]), sur des alluvions fluviatiles visibles dans les caves de l'Hôtel-Dieu. Des fragments anguleux provenant du substratum oligocène y sont mélangés avec des roches du socle primaire et des débris volcaniques. L'*Elephas antiquus*, cité par Lecoq et Pomerol, a été trouvé à la base de cette formation, à une altitude voisine de celle des tufs de la Gantière. Ph. Glangeaud ([3]) considérait ces conglomérats comme un *faciès de ramonage*. Ils ressemblent aux produits des *explosions initiales* ou des *caldeiras*, observés en Italie, en Allemagne, dans les Indes Néerlandaises. Ces débris qui sont nommés, dans la littérature étrangère, *clastic ejectamenta*, *accidenta ejecta*, etc., ont été repris par les eaux et sédimentés dans les vallées pré-volcaniques E-W descendant de la chaîne des Puys.

Le lieu de l'*explosion initiale* paraît correspondre à la dépression N-S. sur laquelle est actuellement installé le volcan de Gravenoire. Après cette ou ces explosions, des effusions laviques très fluides ont formé, dans le vallon du cimetière de Royat, au moins trois coulées séparées par des bombes et scories stromboliennes (n° 2 de la figure).

La série 1-2, ainsi définie, fut recouverte par un cône 3 formé de lapillis de dimensions assez régulières. Pendant la phase 4 qui a suivi, des couches de scories et de sables volcaniques bien stratifiés et calibrés se sédimentèrent à la base de ce premier cône volcanique. La présence de plusieurs sols de végétation dans cette formation 4 indique un repos assez prolongé et une obturation probable de la cheminée principale F_2. A ce moment des vallées furent creusées dans les tufs de la phase 1.

L'activité volcanique se manifeste ensuite par des intrusions latérales 5 décrites dans une Note précédente ([4]). Ces effusions fissurales accompagnées de projections stromboliennes, donnèrent les coulées de St-Jacques et de l'Observatoire. La cheminée principale F_2 redevint, de nouveau, active en émettant une coulée latérale 6. La région fut recouverte ensuite par des projections vulcaniennes 7 dans lesquelles des blocs provenant des éruptions précédentes sont mélangés avec un peu de matériel neuf probablement dû à de courtes phases stromboliennes. Pendant un repos probablement assez bref, l'érosion remania ces scories vulcaniennes en bancs bien stratifiés. Ces derniers furent recouverts

---

([3]) Ph. Glangeaud, *Bull. ser. carte géol. Fr.*, n° 123, 1909, p. 74-75.
([4]) L. Glangeaud, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 2088.

par une ultime coulée 8. Elle déborda du cratère existant au sommet du volcan et s'étendit seulement sur la partie haute de celui-ci.

Les éruptions de Gravenoire et de Clermont-Ferrand présentent donc une complexité beaucoup plus grande qu'il n'avait été prévu dans les travaux antérieurs. Nous décrirons ultérieurement les variations magmatiques correspondantes.

PHYSIOLOGIE. — *Action curative du foie et du complexe acide pantothénique-acide folique vis-à-vis de certains effets physiopathologiques provoqués, chez le jeune Rat blanc, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique (vitamine PP).* Note (*) de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons décrit les effets physiopathologiques provoqués, chez le jeune Rat blanc, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique données en supplément d'un régime équilibré, dont nous rappelons la composition : *caséine*, 21; *graisse de beurre*, 4; *amidon*, 66; *mélange salin* d'Osborne et Mendel, 4; *levure sèche* Byla, 5; papier filtre.

Certains de ces effets : alopécie, dégénérescence du pelage, excrétion cutanée et nasale de porphyrines, rhinite exsudative, incurvation extrêmement marquée de la colonne vertébrale, présence de gaz dans l'estomac, de gaz et de sang dans les intestins, rappellent d'une manière frappante les symptômes caractérisant certaines avitaminoses du groupe B, en particulier la carence en acide pantothénique. Aussi avons-nous eu l'idée d'essayer de faire disparaître ces troubles, d'une part en donnant aux rats du foie, organe dont on connaît la richesse en tous les facteurs du complexe vitaminique B, d'autre part en leur administrant de l'acide pantothénique.

Technique. — Nos recherches ont porté sur 64 jeunes rats blancs pesant de 35 à 50g, répartis en 8 lots. Au cours d'une première période expérimentale, tous les animaux ont reçu le régime de base seul (lot I) ou complété par 2 % d'amide nicotinique (lots II à VIII). A l'exception de ceux du lot I, qui se développaient normalement, les rats ont présenté, après quelques semaines, un ralentissement de la croissance de plus en plus accentué, puis un début d'amaigrissement; en même temps, apparaissaient les troubles cutanés et digestifs que nous avons décrits dans notre première Note ([2]).

Au cours d'une seconde période expérimentale commençant quelques jours

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 367.

([2]) A ce stade, les troubles nerveux et osseux n'étaient pas encore apparus; quant aux troubles respiratoires, ils étaient inexistants ou légers, en raison de la température extérieure assez élevée (18-20°).

après le début de l'amaigrissement, nous avons administré aux animaux des lots III à VIII, *qui continuaient à recevoir de l'amide nicotinique* : soit du *foie* de bœuf séché sous vide à basse température et réduit en poudre (lots III et IV), soit du pantothénate de calcium seul (lots V et VI), soit du pantothénate de calcium accompagné d'acide folique (lot VII), soit de l'acide folique seul (lot VIII) (*voir les doses quotidiennes sur le tableau*).

	Lots.	Amide nicotinique (per os) (mg).	Poudre de foie (per os) (g).	Pantothénate de calcium (inj. s. cut.) (mg).	Acide folique (per os) (mg).	Résultats obtenus.
	I (tém.).....	–	–	–	–	–
	II (tém.).....	200	–	–	–	hypervitaminose PP
A	III..........	200	1	–	–	*guérison*
A	IV..........	200	3	–	–	*guérison*
B	V..........	200	–	0,5	–	hypervitaminose PP
B	VI..........	200	–	1	–	hypervitaminose PP
C	VII..........	200	–	1	0,025	*guérison*
D	VIII........	200	–	–	0,025	hypervitaminose PP

Résultats. — A. Sous l'effet de la poudre de foie, la croissance des animaux a immédiatement repris, à une vitesse moyenne pour ceux du lot III, à un rythme bien plus rapide pour ceux du lot IV. Le poids des animaux, compris entre 60 et 80^g au début de la seconde période, est ainsi remonté entre 120 et 150^g; mais ensuite, il n'a plus varié pendant 3 mois, ce qui nous a amenés à interrompre l'expérience. En même temps, la fourrure des rats est redevenue très fournie et l'excrétion de porphyrines a disparu peu à peu, de même que la rhinite exsudative et les troubles digestifs.

Il existe donc, dans le foie, un ou plusieurs facteurs qui s'opposent en partie à l'arrêt de croissance, à la dénutrition et à certains effets physiopathologiques provoqués par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique.

B. L'injection d'*acide pantothénique seul* aux rats des lots V et VI n'a entraîné ni reprise de croissance, ni régression des troubles d'hypervitaminose PP.

C. Par contre, l'administration simultanée, aux rats du lot VII, d'*acide pantothénique* et d'*acide folique*, — ce dernier corps étant peut-être nécessaire à la bonne utilisation de l'acide pantothénique ([3]) —, a donné des résultats identiques à ceux qu'a fournis l'administration du foie : reprise de la croissance, disparition des troubles cutanés, respiratoires et digestifs.

D. Enfin, l'administration d'*acide folique seul* aux animaux du lot VIII n'a donné aucun résultat positif.

Conclusion. — Le complexe *acide pantothénique-acide folique*, de même que

---

([3]) L. D. Wright et A. D. Welch, *Journ. of Nutr.*, 27, 1944, p. 55.

la *poudre de foie*, fait disparaître certains effets physiopathologiques provoqués, chez le Rat, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique.

Sommes-nous fondés à en conclure que l'hypervitaminose PP peut exercer *in vivo*, chez le Rat, une sorte d'action antivitaminique se traduisant par une avitaminose pantothénique? Nous ne voulons pas être aussi affirmatifs. Cependant, du fait même que c'est la similitude de certains effets physiopathologiques de l'hypervitaminose PP et des symptômes d'avitaminose pantothénique qui nous a amenés à effectuer les recherches décrites dans la présente Note, *nous considérons comme vraisemblable l'existence d'une carence indirecte en acide pantothénique chez le Rat soumis à un régime très riche en amide nicotinique.*

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Sur une augmentation de l'activité des antibiotiques par une association avec les antithyroïdiens.* Note (*) de MM. **David Libermann** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons déjà fait ressortir dans une Note précédente [1] l'influence qu'exercent les antithyroïdiens sur l'activité bactériostatique des sulfamides. On ne peut guère admettre que deux hypothèses pour expliquer ce fait expérimental. Selon la première, les antithyroïdiens prendraient part au mécanisme d'action des sulfamides en catalysant leur activité bactériostatique; selon la seconde, les antithyroïdiens agiraient par le mécanisme qui leur est habituel, les effets de ce mécanisme s'ajoutant à l'action bactériostatique des sulfamides.

Afin de contribuer à la solution de ce problème, nous avons étudié l'influence des antithyroïdiens sur les antibiotiques tels que la pénicilline et la streptomycine. Le mécanisme d'action des antibiotiques étant différent du mécanisme d'action des sulfamides, la constatation d'une influence favorable des antithyroïdiens devait donc fournir des arguments à l'appui de la seconde hypothèse.

Les expériences ont été effectuées sur la Souris, les agents pathogènes employés étant le streptocoque hémolytique (souche Dig. 7) et le bacille de Friedlander (souche Dumas). Les antibiotiques étaient administrés par injections sous-cutanées, tandis que les antithyroïdiens étaient introduits par voie buccale.

Les tableaux suivants résument les résultats de nos expériences. La virulence des souches utilisées a été vérifiée chaque fois sur des témoins qui succombaient invariablement le premier jour.

(*) Séance du 19 juillet 1948.

[1] David Libermann et Fernand Boyer, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 377.

I. *Streptocoques hémolytiques*, Dig. 7. Culture en bouillon ascite, dilution tyrode 1/100 000, 1/2 cm^3 intrapéritonéal.

	Nombre de souris survivantes								
Jours........................ (10 souris).	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.	8e.	9e.
Pénicilline : 50 U. par jour en 2 inj. s/c, 2 j....	10	9	4	3	2	2	2	2	2
Pénicilline : 50 U. + Tétraméthylènethiouracile : 2mg/j, 2 j........................	10	9	7	6	6	5	4	4	3
Pénicilline : 50 U. par jour, 2 j. + Tétraméthylènethiouracile : 2mg/j, 6j................	10	10	8	8	8	8	8	8	8

II. *Friedlander Dumas.* — Culture en bouillon sérum, 18 heures, dilution dans le tyrode 1/100 000, 1/2$^{cm^3}$ intrapéritonéal.

	Nombre de souris survivantes.								
Jours........................ 10 souris.	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.	8e.	9e.
Streptomycine : 50 U. par jour en 2 inj. s/c, 2 j.	10	10	9	8	5	2	1	1	
Streptomycine : 50 U. par jour en 2 inj. s/c + Benzylthiouracile : 2mg, 2 jours........	10	9	9	9	9	9	4	2	
Streptomycine : 50 U. par jour en 2 inj. s/c + Tétraméthylène-thiouracile : 2mg, 2 jours..	10	10	8	8	8	5	4	2	

III. *Friedlander Dumas*, Cult. B. S., 18h, dilution dans le tyrode 1/100 000, 1/2 cm^3 intrapéritonéal.

	Nombre de souris survivantes								
Jours........................ (10 souris).	1er.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.	8e.	9e.
Streptomycine : 50 U. par jour 2 inj. s/c, 2 j....	10	10	9	6	5	2	1	1	1
Streptomycine : 50 U. par jour 2 inj. s/c, 2 j. + Benzylthiouracile 2mg buc. 2 j.......	10	9	9	9	9	9	4	2	1
Streptomycine : 50 U. par jour 2 inj. s/c, 2 j. + Benzylthiouracile 2mg buc. 5 j.......	10	9	8	8	7	5	4	2	2

Il ressort nettement des tableaux précédents une exaltation de l'activité des antibiotiques par leur association avec les antithyroïdiens. On voit également sur le tableau I qu'un prolongement de l'administration de l'antityroïdien seulement permet d'augmenter de façon considérable la protection contre le streptocoque hémolytique exercé sur la Souris par la pénicilline.

Nous espérons avoir ainsi apporté un argument en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'action exaltante des antithyroïdiens proviendrait de leur influence habituelle sur l'organisme de l'hôte (abaissement du métabolisme basal). Nous estimons que le champ de nos investigations sur ce sujet est susceptible d'élargissement.

IMMUNOCHIMIE. — *Mise en évidence d'anticorps antihormonaux précipitants et non précipitants dans le sérum de Lapin antigonadotrope.* Note (*) de MM. **Pierre Grabar** et **Alain Bussard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

D'après la définition classique un anticorps est caractérisé par la réaction spécifique qu'il donne avec son antigène. Cette réaction est généralement accompagnée de phénomènes visibles *in vitro*, par exemple d'une précipitation. De nombreux auteurs ont obtenu des sérums ayant une activité physiologique antigonadotrope sans activité précipitante spécifique; aussi nombre d'endocrinologistes n'ont pas admis l'identification complète entre antihormones et anticorps ([1]).

Ayant montré que l'on peut obtenir des sérums de Lapin précipitant spécifiquement l'hormone choriale humaine ([2]), ([3]), nous nous sommes demandé si l'absence de précipitation spécifique signalée par les autres auteurs ayant étudié des sérums antigonadotrophine choriale, n'était pas due au fait que les anticorps obtenus étaient du type non précipitant. Au cours des dernières années on a, en effet, décrit des anticorps dont l'union avec l'antigène ne provoque pas de réactions visibles *in vitro* et qu'on ne peut déceler que par voie indirecte [([4]) par exemple].

Nous avons cherché, dans nos expériences de précipitation, à chiffrer la quantité d'hormone récupérée dans le précipité (obtenu pour des proportions d'excès d'anticorps) après traitement à l'éthanol ([3]) (mesure très approximative, car une précision assez élevée exigerait un nombre très important d'animaux) et nous avons constaté qu'elle ne représente que 10 % de la quantité mise au contact de l'antisérum. On peut expliquer cela en supposant : soit que le traitement alcoolique ne provoque qu'une libération partielle de l'hormone, soit qu'une partie de celle-ci se trouve unie à des anticorps non précipitants dans un complexe soluble, physiologiquement inactif.

En effet, lorsqu'on ajoute à nos sérums de Lapin antigonadotrophine choriale humaine une quantité d'hormone telle qu'on se trouve dans la zone d'excès d'anticorps, et que l'on traite par l'éthanol à 37° pendant 24 heures le liquide (dépourvu d'activité hormonale) surnageant le précipité spécifique, ce traitement a pour effet de libérer de l'hormone. On constate sa présence par son activité *in vivo* (sur le tractus génital de la rate impubère) (voir tableau) et *in vitro* (l'extrait aqueux du précipité alcoolique précipite à nouveau en

---

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) K. W. Thompson, *Physiol. Rev.*, 21, 1941, p. 588-631.

([2]) A. Bussard et P. Grabar, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 195-211.

([3]) A. Bussard et P. Grabar, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1643-45.

([4]) W. T. J. Morgan et H. Schütze, *Brit. J. Exp. Path.*, 27, 1946, p. 286.

présence de l'antisérum spécifique). On peut en conclure que l'hormone se trouvait dans un complexe soluble, unie à des anticorps qui ont été dénaturés par l'alcool.

On admet que les anticorps précipitants du Lapin ne forment pas de composés solubles dans la zone d'excès d'anticorps. On pourrait donc nous objecter que l'activité retrouvée correspond à la solubilité propre du précipité spécifique. Nous constatons cependant, là aussi, une libération d'au moins 10 % de l'activité hormonale, ce qui nous paraît peu compatible avec les solubilités connues des précipités immunologiques.

Nous pensons, en conséquence, qu'on peut expliquer ce phénomène en admettant qu'on se trouve en présence d'anticorps non précipitants; dans les sérums étudiés il y aurait coexistence d'anticorps précipitants et non précipitants, même dans la zone d'excès d'anticorps, ce qui n'était pas signalé jusqu'ici, en ce qui concerne les immunsérums de Lapin.

Présence de l'hormone dans le surnageant après précipitation spécifique.

Produit injecté (en 4 injections).	Nombre animaux.	Réaction physiologique à la 120ᵉ heure. Poids Utérus (en mg/100ᵍ animal).	Poids Ovaires (en mg/100ᵍ animal).	Ouverture du vagin.
Précipité alcoolique de 1^{cm^3} de sérum normal.	6	$59 \pm 9,2$	$54,5 \pm 1,8$	0/6
1^{cm^3}, 5 du surnageant A obtenu après 24 heures de contact à + 5°	10	53 ± 8	47 ± 7	0/10
1^{cm^3} du surnageant B obtenu après 6 jours de contact à + 5°	5	58 ± 11	$48,6 \pm 4$	0/5
Précipité alcoolique de 0^{cm^3},7 du surnageant A.	5	202 ± 110	68 ± 10	5/5
Précipité alcoolique de 1^{cm^3} du surnageant B.	6	370 ± 47	73 ± 6	6/6
Partie soluble dans l'eau du précipité alcoolique du surnageant B 50γN par rate.	5	171 ± 16	$75,5 \pm 6,7$	5/5

Les résultats représentent la moyenne ± l'écart moyen $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}}$.

La séance est levée à 15ʰ45ᵐ.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 18 AOUT 1948.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jules Rouch** fait hommage à l'Académie du texte d'une Conférence qu'il a faite sur *Le Docteur Jules Richard, Directeur du Musée Océanographique de Monaco* (1863-1945), extrait du *Bulletin de l'Association des Naturalistes de Nice et des Alpes maritimes*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes complets de l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia.**

M. Sven Hilding a donné, dans *Arkiv för Matematik*, 1946, Bd 32 B, n° 7, trois propositions (conditions *suffisantes*) concernant les systèmes *complets* de l'espace hilbertien. On va montrer que ces trois propositions, ainsi que d'autres analogues mais plus générales, découlent de propriétés *géométriques* fort simples, et que nous croyons nouvelles, des systèmes ONC de l'espace hilbertien au regard des sous-espaces (variétés linéaires fermées) de cet espace $\mathcal{H}$; on notera que ces propriétés subsistent *a fortiori* dans l'espace unitaire à n dimensions.

1. Le système (ε_n) étant un système ONC *quelconque* de vecteurs de $\mathcal{H}$, d'origine O, d'extrémités ε_n, on a :

Théorème 1. — *La somme des carrés des longueurs des projections d'un système ONC quelconque sur un sous-espace V fixe est une constante finie ou infinie, indépendante du système, et égale au nombre de dimensions de* V. En effet, si (X_i) est une base ON de V, on a $P_V\varepsilon_n = \sum_i (X_i, \varepsilon_n) X_i$ et $|P_V\varepsilon_n|^2 = \sum_i |(X_i, \varepsilon_n)|^2$. Donc $\sum_n |P_V\varepsilon_n|^2 = \sum_n\sum_i |(X_i, \varepsilon_n)|^2 = \sum_i\sum_n |(X_i, \varepsilon_n)|^2$ (car tous les termes sont positifs). Or $\sum_n |(X_i, \varepsilon_n)|^2 = |X_i|^2 = 1$, car le système (ε_n) est ONC. Donc $\sum_n |P_V\varepsilon_n|^2 = \sum_i 1 =$ *nombre de dimensions de* V.

THÉORÈME 2. — Introduisons le sous-espace V' complémentaire de V, $V' = \mathcal{H} \ominus V$, on aura : *la somme des carrés des distances* δ_n *des extrémités* ε_n *d'un système* ONC *quelconque à un sous-espace fixe* (*quelconque*) V *de* $\mathcal{H}$, *est une constante, indépendante du système* (ε_n) *et égale au nombre de dimensions de* V'. Car $\delta_n = |P_{V'}\varepsilon_n|$.

2. Le théorème 1 n'est qu'un cas particulier du théorème suivant.

THÉORÈME 3. — W *et* V *étant deux sous-espaces quelconques* de $\mathcal{H}$, *et* (ε_n) *une base* ON *quelconque de* W, *la somme des carrés des longueurs des projections des* ε_n *sur* V *est une constante indépendante de la base de* W *choisie; c'est un invariant attaché à* W *et* V, *et ne dépendant que de la position relative de* W *et* V. *Le théorème* 1 *correspond au cas où* $W = \mathcal{H}$.

Soit (η_i) une base ON de V. On a, comme précédemment,

$$\sum_n |P_V\varepsilon_n|^2 = \sum_i \sum_n |(\eta_i, \varepsilon_n)|^2.$$

Si (ε'_n) est une 2e base ON de W, on aura $\varepsilon'_n = \sum_p u_{np}\varepsilon_p$, la matrice $\|u_{np}\|$ étant *unitaire*. De même $(\eta_i, \varepsilon'_n) = \sum_n u_{np}(\eta_i, \varepsilon_p)$. Pour *chaque* i, on aura

$$\sum_n |(\eta_i, \varepsilon'_n)|^2 = \sum_n |(\eta_i, \varepsilon_n)|^2 = |P_W\eta_i|^2.$$

Donc $\sum_n |P_V\varepsilon_n|^2 = \sum_n |P_V\varepsilon'_n|^2 = \sum_i |P_W\eta_i|^2$. La quantité envisagée est bien un *invariant mutuel de* W *et* V (qui est certainement fini si W ou V a un nombre fini de dimensions).

Nous reviendrons ailleurs sur des applications de ce théorème 3. On généralise de même le théorème 2. [Dans l'espace euclidien réel à 3 dimensions le théorème 3 se réduit, pour 2 plans W et V, au théorème d'Apollonius pour les ellipses de V.]

3. A titre de réciproque du théorème 1, on peut énoncer le théorème suivant :

THÉORÈME 4. — *Si un système de vecteurs* (ε_n) *de* $\mathcal{H}$ *est tel que la somme des carrés des longueurs de leurs projections sur un sous-espace* quelconque V, *à* p *dimensions de* $\mathcal{H}$ (*p entier, fixe mais arbitraire*), *est une constante* ($\neq 0$), *indépendante du sous-espace, et ne dépendant que de* p, *le système* (ε_n), *convenablement normé, est, ou bien un système* ONC *de* $\mathcal{H}$, *ou la projection sur* $\mathcal{H}$ *d'un système* ONC *de* $\mathcal{H}_1$ *quelconque contenant* $\mathcal{H}$ (¹).

a. On montre d'abord que si le théorème 4 est vrai pour un V_p quelconque à p dimensions, il l'est pour un V_1 quelconque ($p = 1$). En effet, X_1 et X'_1 étant

(¹) *Voir* JULIA, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1485-1487 et 227, 1948, p. 317.

deux vecteurs unitaires quelconques *distincts*, on choisit, dans le sous-espace complémentaire de $[X_1, X'_1]$, $p-1$ vecteurs $X_2, \ldots, X_p$ formant un système ON. Considérant la variété $V_{p-1}=[X_2, \ldots, X_p]$, les deux variétés $V_p=[X_1]\oplus V_{p-1}$ et $V'_p=[X'_1]\oplus V_{p-1}$, S_p et S'_p étant les sommes respectives des carrés des projections des ε_n sur V_p et V'_p, S_{p-1} ladite somme pour V_{p-1}, on aura

$$|P_{V_p}\varepsilon_n|^2=|P_{X_1}\varepsilon_n|^2+|P_{V_{p-1}}\varepsilon_n|^2.$$

Donc

$$S_p=\sum_{n=1}^{\infty}|P_{X_1}\varepsilon_n|^2+S_{p-1} \quad \text{et} \quad S'_p=\sum_{n=1}^{\infty}|P_{X'_1}\varepsilon_n|^2+S_{p-1}.$$

$S_p=S'_p$ donne bien $\sum_n|P_{X_1}\varepsilon_n|^2=\sum_n|P_{X'_1}\varepsilon_n|^2$.

Réciproquement, si S_1 a une valeur constante C pour tout V_1, S_p aura la valeur constante pC pour tout V_p.

b. Soit ξ un vecteur unitaire quelconque de $\mathcal{H}$, on aura, par *a*., $\sum_n|(\varepsilon_n,\xi)|^2=C$, C constante positive $\neq 0$ indépendante de ξ. En considérant les $\xi_n=\varepsilon_n(\sqrt{C})^{-1}$, on aura $\sum_n|(\xi_n, \xi)|^2=1$ et, pour tout vecteur X de $\mathcal{H}$, $\sum_n|(\xi_n, X)|^2=|X|^2$. Le système ξ_n, c'est-à-dire le système ε_n convenablement normé, est bien un des systèmes envisagés dans la Note (1).

4. Le théorème 2 permet de retrouver et de généraliser les 3 propositions de M. S. Hilding.

Soit (ε_n) un système ONC de $\mathcal{H}$, $(\varepsilon_n+\eta_n)$ un système voisin à étudier. On pose $|\eta_n|=r_n$. Soit $V=[\varepsilon_1+\eta_1, \varepsilon_2+\eta_2, \ldots]$ le sous-espace sous-tendu par les $(\varepsilon_n+\eta_n)$; soit V′ *le sous-espace complémentaire* de V. δ_n étant la distance de ε_n à V, $\sum_n\delta_n^2=$ le nombre de dimensions de V′. Donc $\Sigma\delta_n^2\geqq 1$ *si le système* $(\varepsilon_n+\eta_n)$ *est incomplet*.

1° Évidemment $r_n\geqq\delta_n$, et $\Sigma r_n^2\geqq\Sigma\delta_n^2$. Par conséquent, *si* $\Sigma r_n^2<1$, *on a* $\Sigma\delta_n^2<1$, *donc* $V'=0$, $V=\mathcal{H}$ *et le système* $(\varepsilon_n+\eta_n)$ *est complet*. C'est le premier théorème de M. Hilding. La limite 1 est *exacte*, car on a $\Sigma r_n^2=1$ en prenant $\eta_1=-\varepsilon_1$ et $\eta_n=0$ pour $n>1$; alors V′ a 1 dimension et $(\varepsilon_n+\eta_n)$ n'est pas complet.

On peut généraliser le théorème comme suit. *Si* $\Sigma r_n^2<+\infty$, *alors* $\Sigma\delta_n^2<+\infty$, V′ *n'a qu'un nombre fini de dimensions*. En précisant : *si* $p-1<\Sigma r_n^2\leqq p$ *(p entier), alors* $\Sigma\delta_n^2\leqq p$ *et* V′ *a au plus p dimensions*. La limite est *exacte;* car on a $\Sigma r_n^2=p$, avec $\delta_n=r_n$, en prenant $\eta_k=-\varepsilon_k$ pour $k\leqq p$ et $\eta_k=0$ pour $k>p$; alors $V'=[\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_p]$ a exactement p dimensions.

2° Lorsque η_n est assujetti à la condition $|\varepsilon_n+\eta_n|=1$ pour tout n, r_n est $\geqq$ au minimum de la distance de ε_n à l'intersection de la sphère $|X|=1$ avec V,

minimum dont la valeur est $2-2\sqrt{1-\delta_n^2}$. On en déduit $\delta_n^2 \leqq r_n^2(1-4^{-1}r_n^2)$. Donc, *si* $\Sigma r_n^2(1-4^{-1}r_n^2)<1$, *on a* $\Sigma\delta_n^2<1$, *le système* $(\varepsilon_n+\eta_n)$ *est complet*. C'est le deuxième théorème de M. Hilding, qu'on généralise ainsi : *Si* $p-1<\Sigma r_n^2(1-4^{-1}r_n^2)\leqq p$, *alors* $\Sigma\delta_n^2\leqq p$ et V′ *a au plus p dimensions*. On atteint la limite *exacte*, et V′ a p dimensions, en prenant $V=[\varepsilon_{p+1}, \varepsilon_{p+2}, \ldots]$ et $\eta_k=0$ pour $k>p$, et $V'=[\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_p]$, avec $\eta_i=-\varepsilon_i+1$ vecteur unité quelconque *de* V pour $i\leqq p$.

3° Supposons η_n assujetti à la condition que η_n *soit orthogonal à* ε_n, pour tout n. Lorsque, ε_n étant fixé, $\varepsilon_n+\eta_n$ reste dans V, le minimum de $r_n=|\eta_n|$ s'obtient aisément par des considérations géométriques, c'est $\delta_n(1-\delta_n^2)^{-1/2}$. Donc $\delta_n^2\leqq r_n^2(1+r_n^2)^{-1}$. Par suite, *si* $\Sigma r_n^2(1+r_n^2)^{-1}<1$, *on a* $\Sigma\delta_n^2<1$, *le système* $(\varepsilon_n+\eta_n)$ *est complet; c'est le troisième théorème de M. Hilding*. On le généralise comme suit : *Si* $p-1<\Sigma r_n^2(1+r_n^2)^{-1}\leqq p$ (*p entier quelconque*), *alors* $\Sigma\delta_n^2\leqq p$ *et* V′ *a au plus p dimensions*.

La limite p est exacte; on l'atteint en prenant V′ arbitraire à p dimensions, $V=\mathcal{H}\ominus V'$, et choisissant, pour tout η, $\varepsilon_n+\eta_n=|P_V\varepsilon_n|^{-2}.P_V\varepsilon_n$. Alors $\delta_n^2=r_n^2(1+r_n^2)^{-1}$ pour tout n et $\Sigma\delta_n^2=p$.

5. Lorsqu'on suppose $\Sigma r_n^2<+\infty$, si l'on *ajoute l'hypothèse que le système* $(\varepsilon_n+\eta_n)$ *soit* ON, on peut démontrer, en poussant l'analyse géométrique précédente, que *ce système est complet*. Ce dernier théorème a été énoncé et démontré antérieurement ([2]) par M[lle] N. Bary, suivant une méthode analytique entièrement différente.

TOXICOLOGIE. — *Toxicité du D. D. T. pour les souris et les rats.* Note (*) de MM. **Edmond Sergent** et **Étienne Sergent**.

Le D. D. T. (dichloro-diphényl-trichloréthane), qui est un puissant insecticide, est considéré comme n'étant que faiblement toxique pour les Mammifères. Mais, en ce qui concerne les petits Rongeurs, souris et rats, les expériences qui ont été publiées jusqu'à présent ont été effectuées dans des conditions tout à fait artificielles : injection sous-cutanée, ou bien ingestion forcée avec une sonde, ou bien friction sur la peau tondue; des auteurs ont saupoudré de D. D. T. des locaux hantés par les rats, mais dans le seul but de détruire les ectoparasites de ces rongeurs, sans chercher à voir si la population murine était elle-même intoxiquée par le D. D. T.

Notre attention fut attirée naguère sur la question par une communication que nous avons reçue de M[me] Woods, qui s'occupe, avec une grande sagacité, des problèmes d'hygiène rurale dans sa ferme algérienne. M[me] Woods ayant

([2]) *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 37, 1942, p. 83.

(*) Séance du 2 août 1948.

répandu sur le sol une poudre contenant 50 % de D. D. T., pour détruire les blattes, s'aperçut qu'auprès des blattes mortes gisaient de nombreuses souris. Avec un sens expérimental très avisé, elle plaça de la poudre de D. D. T. sur le passage des souris, le long des murs et à l'entrée de leurs terriers. Elle constata alors une grande mortalité chez ces petits rongeurs. Elle vit même des souris « venir mourir au milieu des pièces, les pattes en l'air et agitées de mouvements saccadés ».

Nous avons alors instauré des expériences plaçant les rongeurs dans des conditions aussi conformes que possible à l'état de nature. Ils étaient simplement exposés à des contacts fugaces et fortuits avec la poudre de D. D. T., à des frôlements, comme ils pouvaient en avoir dans leur vie normale, en liberté. Les expériences ont été effectuées avec le néocidol de Geigy, contenant 5 % de produit actif.

Une première série d'expériences a porté sur des souris blanches de 20g environ, des souris sauvages grises capturées dans la nature et des rats blancs de 90g environ; une seconde série sur des rats gris d'égout de différents âges.

Dans les expériences sur les souris et sur les rats blancs, ces petits rongeurs, placés dans une cage, *lieu de repos*, sont obligés de se rendre, pour se nourrir, dans une autre cage où sont les aliments : le *lieu de réfection*. Pour aller d'une cage dans l'autre, les rongeurs passent par un tube de la dimension d'un boyau de terrier. C'est dans ce tube qu'est répandue la poudre de D. D. T. à laquelle les rongeurs, dans leur course, frayent leur passage.

Dans les expériences sur les rats d'égout, chacun d'eux, enfermé dans sa nasse de capture, bien pourvue de nourriture et de boisson, reçoit, de loin, du D. D. T. sur sa fourrure. Ils sont, de cette façon, poudrés comme ils pourraient l'être dans la nature, lorsque du D. D. T. a été déposé à l'intérieur et autour de l'orifice de leurs terriers, et qu'ils l'essuient en passant.

La quantité de poudre de D. D. T. épandue dans ces expériences est celle que l'on emploie communément pour la destruction des blattes. La durée et l'intimité du contact que peuvent avoir les rongeurs avec la poudre sont livrées au hasard des rencontres. Il est impossible d'évaluer la quantité de poudre qu'a pu toucher ou absorber chaque animal.

La faible odeur que dégage le néocidol n'exerce pas d'action répulsive sur les souris et les rats : lorsque le hasard les rapproche de la poudre, ils ne fuient aucunement son contact.

Dans les expérience ainsi conduites, un grand nombre de souris et de rats de pelage gris ou de pelage blanc, qui ont été exposés une ou plusieurs fois au risque du poudrement, furent empoisonnés par le D. D. T., et beaucoup mortellement (1).

---

(1) Les expériences relatées ici étaient achevées lorsque nous eûmes connaissance d'observations et d'essais faits en 1947 par le Dr Roger Meunier, Directeur des Services

Les symptômes caractéristiques sont des troubles nerveux qui ressemblent à ceux que l'on observe chez les insectes empoisonnés par le D. D. T. : vive excitation et surtout tremblement généralisé et ininterrompu du corps entier, avec des soubresauts fréquents et irréguliers, des mouvements incoordonnés, parfois des cris. Le tremblement, signe vraiment pathognomonique, apparaît dans les 24 heures qui suivent le moment où les rongeurs sont entrés en contact avec la poudre de D. T. T., souvent dès la sixième heure. Lorsque l'empoisonnement est mortel, la mort survient de 1 à 3 jours après le début de la trémulation, qui n'a jamais cessé.

Deux rates ont avorté dans les 24 heures qui suivirent le poudrement, sans avoir présenté les tremblements caractéristiques de l'intoxication.

A l'autopsie des rongeurs tués par le D.D.T., on note souvent, mais non pas toujours, une hémorragie intestinale.

Résultats observés sur les animaux poudrés :

Sur 32 souris blanches,	32	ont été intoxiquées,	30 succombent.
Sur 18 souris grises,	18	—	17 —
Sur 6 rats blancs,	6	— intoxiqués,	5 —
Sur 44 rats gris,	35	—	25 —

Chez les souris et chez les rats, la sensibilité est la même chez les animaux de robe blanche et ceux de robe grise. On peut, par conséquent, présenter des résultats globaux pour toutes les souris d'une part, et pour tous les rats d'autre part.

Sur 50 souris,	50	ont été intoxiquées,	47 succombent.
Sur 50 rats,	41	— intoxiqués,	30 —

Les souris ont donc été plus sensibles à l'empoisonnement par le D.D.T. que les rats.

Les expériences sur les rats ont donné lieu aux observations suivantes :

Sur 50 rats exposés au contact de la poudre de D.D.T. :

— 11 n'ont pas été intoxiqués par le premier poudrement;

— 2 parmi ces 11 ont été intoxiqués après le deuxième poudrement;

— les 9 autres n'ont pas été intoxiqués par 7 poudrements successifs.

Sur 10 rats qui ont été manifestement intoxiqués par le premier poudrement mais ont guéri, 8 ont résisté à plusieurs poudrements : certains à 7 poudrements successifs.

Certains rats possèdent donc une résistance innée à l'intoxication par le D. D. T. Peut-être cette résistance est-elle accrue, par une sorte de mithridatisation, chez quelques-uns qui ont résisté à plusieurs empoisonnements.

Sanitaires maritimes et aériens de l'Algérie. Le D[r] R. Meunier ayant remarqué une mortalité insolite chez des rats blancs gardés dans une pièce où avait été répandue une poudre contenant du D. D. T., fit des essais d'insufflation de D. D. T. sur 6 rats d'égout, qui succombèrent tous les six. (Inédit.)

En conclusion, ces expériences montrent qu'il y a lieu d'ajouter le poudrement par le D. D. T. aux procédés déjà employés de dératisation. La technique consiste à répandre de la poudre dans les trous de souris et à l'orifice des terriers de rats, ainsi que sur leurs terrains de parcours, et sous les abris où ils peuvent se réfugier. On peut aussi tirer parti de l'empressement qu'ont souris et rats à se loger dans les conduites et les canalisations, en mettant à leur disposition des fragments de tubes ou de tuyaux de diamètre convenable, dont on a saupoudré l'intérieur de D. D. T. Laisser toujours la poudre indéfiniment sur place, pour profiter de l'action rémanente du pouvoir toxique du D. D. T. Nous conseillons, pour éviter tout risque aux manipulateurs et aux habitants des locaux, de n'employer que des poudres à faible teneur en produit actif : 5 % de D. D. T. par exemple. Le poudrement détruira, en même temps que beaucoup de souris et nombre de rats, les blattes, puces, punaises, fourmis, lépismes, et autres vermines.

DÉSIGNATIONS.

Le Conseil d'administration de la **Brandeis University** invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration de cette Université et à l'installation de son Président, qui auront lieu à Waltham et Boston, Massachusetts, les 7 et 8 octobre 1948.

M. **Elmer Drew Merrill** est délégué.

PLIS CACHETÉS.

MM. **Hans Halban**, **Frédéric Joliot** et **Lew Kowarski** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 30 octobre 1939 et enregistré sous le n° 11 620.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Sur la possibilité de produire dans un milieu uranifère des réactions nucléaires en chaîne illimitée.*

(Renvoi à la Section de physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Anales del Hospital Varsovia* (Toulouse). Ano 1, n° 1.

2° Institut Géographique National. *France. Carte au* 20 000e. Édition en couleurs. *France. Plans au* 20 000e. Édition monochrome.

3° Id. Nivellement général de la France. *Réseaux de 1er, 2e et 3e ordres. État d'avancement du réseau de 4e ordre au 1er janvier* 1948.

4° Id. *Tableau I. Nouvelle triangulation de la France. État d'avancement au 1er janvier* 1948.

Il signale également un ouvrage dactylographié :

Dynamical Theory. Calculation of the Age of the Solar System as at Least 10,440 Billion Years, par M. T. J. J. SEE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les formes différentielles extérieures de degré* 2. Note(*) de M. **CHARLES EHRESMANN** et Mlle **PAULETTE LIBERMANN**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit V_{2n} une variété n fois différentiable de dimension $2n$. Sur V_{2n} soit Ω une forme différentielle extérieure de degré 2, de rang $2n$ et $n-1$ fois différentiable. Localement Ω peut se mettre sous la forme

$$\omega_1 \wedge \varpi_1 + \omega_2 \wedge \varpi_2 + \ldots + \omega_n \wedge \varpi_n,$$

où ω_i et ϖ_i désignent $2n$ formes de Pfaff linéairement indépendantes. La forme Ω sera dite complètement intégrable s'il existe au moins une variété intégrale (1) de dimension n tangente à un élément de contact intégral (1) arbitraire de dimension n.

1. *Pour que Ω soit complètement intégrable, il faut et il suffit que tout élément intégral de Ω soit aussi élément intégral de* $D\Omega$ (2).

Cette condition est évidemment nécessaire, et dans le cas analytique elle est suffisante d'après la théorie de M. É. Cartan (3). Mais en vertu d'un théorème de Lepage et Papy (4), cette condition est équivalente à la suivante :

2. *Pour que Ω soit complètement intégrable, il faut et il suffit que* $D\Omega = \theta \wedge \Omega$.

Si cette condition est remplie, θ est une forme de Pfaff bien déterminée, d'après Lepage et Papy (4). Par différentiation extérieure on obtient $d\theta \wedge \Omega = 0$, ce qui entraîne $d\theta = 0$, si $n > 2$. Localement on peut donc poser $\theta = \lambda^{-1}\, d\lambda$,

---

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) Par définition, la forme induite par Ω sur une variété intégrale ou un élément intégral est nulle.

(2) D est le symbole de différentiation extérieure.

(3) *Les systèmes différentiels extérieurs*, Paris, 1945.

(4) TH.-H. LEPAGE, *Sur certaines congruences de forme alternées* (*Bull. Soc. royale des Sciences de Liége*, 1946, p. 21-31); G. PAPY, *Sur la divisibilité des formes alternées*, etc., (*idem*, 1947, *voir* p. 24, et le lemme p. 25).

λ étant une fonction numérique $n-1$ fois différentiable. On a alors $D(\lambda^{-1}\Omega)=0$. Donc $\Omega=\lambda\Omega_1$ avec $D\Omega_1=0$. Localement il existe une forme de Pfaff θ_1, telle que $\Omega_1=d\theta_1$. On pourra la mettre sous la forme canonique

$$\theta_1=x_1\,dy_1+x_2\,dy_2+\ldots+x_n\,dy_n.$$

Au voisinage d'un point, où $d\lambda\neq 0$, on pourra prendre $y_1=\lambda$. D'où le résultat suivant :

3. *Pour* $n>2$, *toute forme* Ω *complètement intégrable, de rang* $2n$ *et* $n-1$ *fois différentiable, est localement équivalente à l'une des formes suivantes :*

a. $dx_1\wedge dy_1+\ldots+dx_n\wedge dy_n$, *si* $D\Omega=0$ *en tout point.*

b. $y_1(dx_1\wedge dy_1+\ldots+dx_n\wedge dy_n)$, *au voisinage d'un point où* $D\Omega\neq 0$.

Réciproquement toute forme équivalente à une des formes *a* et *b* est complètement intégrable, ce qui démontre la proposition 1 en supposant Ω simplement $n-1$ fois différentiable.

Le facteur intégrant local λ^{-1} est défini à un facteur constant près, ainsi que la forme Ω_1. Pour qu'il existe un facteur intégrant global, il faut et il suffit que θ soit homologue à 0; cette condition n'est pas toujours vérifiée. Tout homéomorphisme local qui laisse Ω invariant reproduit Ω_1 à un facteur constant près.

Pour $n=2$, une forme Ω de rang 4 et deux fois différentiable est toujours complètement intégrable, mais n'est pas toujours réductible à l'une des formes *a* et *b*. Il lui correspond encore une forme de Pfaff bien déterminée θ, définie par l'équation $D\Omega=\theta\wedge\Omega$. De plus on a $d\theta\wedge\Omega=0$. Les deux formes $d\theta$ et Ω peuvent être dites en involution ([5]). Dans le cas *général*, on pourra déterminer d'une façon *canonique* 4 formes de Pfaff ω_1, ω_2, ϖ_1, ϖ_2 telles qu'on ait

$$\Omega=\omega_1\wedge\varpi_1+\omega_2\wedge\varpi_2,$$
$$d\theta=\lambda(\omega_1\wedge\varpi_1-\omega_2\wedge\varpi_2),$$
$$\theta=\varpi_1+\varpi_2.$$

Le problème d'équivalence pour Ω est ainsi ramené au problème d'équivalence pour un système de 4 formes de Pfaff, qui se résout facilement par les méthodes de M. E. Cartan. La méthode précédente, suivant une suggestion de M. Yen Chih-ta, peut s'étendre à une forme *générale* de degré 2 et de rang $2n$.

([5]) En chaque point leurs éléments intégraux forment deux complexes linéaires en involution.

THÉORIE DES GROUPES. — *Étude d'une classe de permutations.* Note (*) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

1° Soit à étudier la décomposition en cycles de la permutation P_n des n premiers nombres entiers définie par

$$(a)\qquad y = 2x - 1 \qquad (2x - 1 \leq n),$$
$$(b)\qquad y = 2(n + 1 - x) \qquad (2x - 1 > n).$$

Un cycle de P_n est d'un *type* défini par la succession des opérations a et b qu'il implique; une permutation circulaire sur ces opérations ne change pas le type. Un type est *pair* ou *impair* suivant que le nombre β des opérations b est pair ou impair. Il peut être commode de considérer qu'un cycle d'ordre σ répété λ fois ($\lambda > 1$) définit un type *non primitif* d'ordre $\lambda\sigma$, mais d'*ordre réel* σ; si on le considère comme d'ordre $\lambda\sigma$, le nombre total des opérations b étant $\lambda\beta$, ce type sera pair si $\lambda\beta$ est pair. Un type primitif est *naissant* pour $n = n_0$ s'il ne se retrouve pour aucun n inférieur à n_0.

1. Tous les cycles d'un même P_n sont de types différents.

2. Si un type est naissant pour $n = n_0$, l'ensemble des n pour lesquels il est réalisé est défini par

$$(1)\qquad n = n_0 + (2n_0 - 1)k \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots).$$

3. Tous les types pairs, primitifs ou non, d'ordre σ, sont réalisés en même temps pour $n = 2^{\sigma-1}$, à l'exclusion de tout autre type. Donc tous les types pairs ou impairs d'ordre σ sont réalisés pour $n = 2^{2\sigma-1}$.

4. Le type pair a (correspondant à l'élément invariant 1), et tous les types impairs, primitifs ou non, d'ordre σ, sont réalisés en même temps pour $n = 2^{\sigma-1} + 1$, à l'exclusion de tout autre type.

5. Pour qu'un élément x appartienne à un cycle de type naissant, il faut et il suffit que $x - 1$ soit premier avec $2n - 1$.

6. Tous les types naissants pour une même valeur de n sont des types primitifs du même ordre σ et de la même parité. On définit à la fois σ et la parité en cherchant le plus petit entier σ tel que

$$(2)\qquad 2^{\sigma-1} \equiv \varepsilon n \pmod{2n - 1}, \qquad [\varepsilon = \pm 1 = (-1)^\beta].$$

7. Tous les autres types des cycles de P_n sont des types, primitifs ou non, du même ordre σ et de la même parité que les types naissants.

8. Théorème fondamental. — *Cet ordre σ, réalisé par au moins un type, est le p. p. c. m. des ordres réels de tous les cycles, donc l'ordre du groupe des puissances de P_n.*

(*) Séance du 9 août 1948.

9. Corollaire de 5. — *La condition nécessaire et suffisante pour que, à part le cycle constitué par l'élément invariant* 1, P_n *ne contienne que des types naissants est que* $p = 2n-1$ *soit premier* (*chaque type, rapporté à son ordre réel, est primitif, et le mot* naissant *ne donne lieu à aucune ambiguïté*).

10. Cette condition est suffisante pour que σ divise $n-1$; elle n'est pas nécessaire (ex. $n = 1024$, $p = 23 \times 89$, $\sigma = 11$).

11. Elle est nécessaire pour que $\sigma = n-1$; elle n'est pas suffisante (ex. $n = 9$, 16, 21, 22, 45, 49, 55, 57, 69. De $n = 2$ à $n = 70$, $\sigma = n-1$ est ainsi réalisé 24 fois, et non 33).

12. Une condition suffisante pour que $\sigma = n-1$ est que $n-1$ et $2n-1$ soient tous les deux premiers; elle n'est pas nécessaire.

2° Supposons maintenant n impair ($n = 2q-1$), et considérons la permutation Q_n définie par

(a) $$y = 2x - 1 \quad (x \leq q),$$

(c) $$y = 2(x-q) \quad (x > q),$$

formules qui peuvent s'écrire plus simplement

$$y \equiv 2x - 1 \pmod{n}.$$

Si x_σ est la $\sigma^{\text{ième}}$ transformée de x, on a

$$x_\sigma - 1 \equiv 2^\sigma(x-1) \pmod{n},$$

et l'extension à Q_n du théorème fondamental relatif à P_n en résulte immédiatement (¹). La même remarque s'applique plus généralement à toutes les permutations définies par des formules de la forme

$$y - x_0 \equiv k(x - x_0) \pmod{n},$$

k et n étant supposés premiers entre eux; x_0 est un entier quelconque.

Les autres résultats relatifs à P_n s'étendent à Q_n avec les modifications suivantes : (1) est remplacé par $q = q_0 + (2q_0 - 1)k$. Il n'y a pas à distinguer des types pairs et des types impairs. Sauf le type c (qui serait seulement réalisé pour $n = 2q$), tous les types, primitifs ou non, d'ordre σ, sont réalisés pour $n = 2^\sigma - 1$. La formule (2) est remplacée par $2^\sigma \equiv 1 \pmod{n}$. Les énoncés 9 à 11 subsistent, en remplaçant n et $p = 2n-1$ par q et $n = 2q-1$.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil, avec quelques résultats sur une permutation dont la définition est moins simple que celle de P_n ou de Q_n, mais qui, pour $n = 2^p + 1$, a exactement les mêmes cycles que P_n; bien entendu, à l'intérieur de chaque cycle, la permutation est différente.

(¹) La démonstration de ce théorème pour P_n résulte de même de la formule

$$x_\sigma - 1 \equiv \pm 2^\sigma(x-1) \quad [\mathrm{mod}\,(2n-1)].$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur une propriété de synthèse spectrale dans les groupes non compacts*. Note (*) de M. **Laurent Schwartz**, transmise par M. Jacques Hadamard.

Notations. — X^n, Y^n seront deux groupes abéliens en dualité (notés additivement), isomorphes à l'espace réel à n dimensions R^n. Dans X^n, x a pour coordonnées $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$; $|x| = (x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2)^{1/2}$; l'élément de volume sera $dx = dx_1\, dx_2 \ldots dx_n$. Pour $x \in X^n$, $y \in Y^n$, on posera

$$x.y = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \ldots + x_n y_n.$$

Si $u(x)$ est une fonction complexe assez régulière sur X^n, sa transformée de Fourier est une fonction $v(y)$ sur Y^n, avec

$$v(y) = \int u(x) \exp.(-2i\pi x.y)\, dx, \qquad v = \mathcal{F}u,$$

$$u(x) = \int v(y) \exp.(+2i\pi x.y)\, dy, \qquad u = \overline{\mathcal{F}}v.$$

On peut étendre ces formules au cas où U et V sont des *distributions sphériques* (ou à croissance lente à l'infini) ([1]).

Position du problème. — Un ensemble de fonctions $f(x)$ sur X^n sera dit *invariant* s'il ne peut contenir une fonction $f(x)$ sans contenir aussi toutes ses translatées $f(x-h)$.

1° *Problème de M. N. Wiener*. — $\mathcal{A}^1$ étant un sous-espace vectoriel fermé invariant de l'espace de Banach L^1 des fonctions sommables sur X^n, son *co-spectre* A ([2]) est l'ensemble (nécessairement fermé) des points a de Y^n où s'annulent à la fois toutes les images de Fourier $\mathcal{F} f$ des fonctions $f \in \mathcal{A}^1$. M. N. Wiener a montré ([3]) que si A est vide, $\mathcal{A}^1 = L^1$.

Problème. — $\mathcal{A}^1$ est-il l'ensemble de toutes les fonctions $f \in L^1$ dont l'image $\mathcal{F} f$ s'annule sur A ?

2° *Problème de M. A. Beurling*. — $\mathcal{A}^\infty$ étant un sous-espace vectoriel fermé invariant de l'espace L^∞ des fonctions mesurables bornées sur X^n muni de la topologie faible (L^∞ dual de L^1), son *spectre* A ([2]) est l'ensemble (fermé) des points a de Y^n tels que l'exponentielle exp. $(2i\pi a x)$ appartienne à $\mathcal{A}^\infty$. M. Beurling a montré ([4]) que si A est vide, $\mathcal{A}^\infty = \{0\}$.

(*) Séance du 12 juillet 1948.

([1]) Article à paraître prochainement aux Annales de la Faculté des Sciences de Grenoble : *Théorie des distributions et transformation de Fourier*.

([2]) Le spectre ou co-spectre d'une fonction est celui du sous-espace fermé invariant qu'elle engendre.

([3]) Wiener, *Tauberian theorems* (*Annals of Mathematics*, 33, 1932, p. 1 à 100).

([4]) Beurling *Un théorème sur les fonctions uniformément bornées et continues sur l'axe réel* (*Acta Mathematica*, 77, 1945, p. 127-136). Le théorème démontré est plus fort que celui qui est indiqué ici.

Problème. — $\mathfrak{A}^\infty$ est-il l'adhérence de l'ensemble des combinaisons linéaires des exponentielles définies par son spectre ? ([5])

Ces deux problèmes sont équivalents (par dualité). La présente Note a pour but de montrer que la réponse est *négative* lorsque la dimension n de l'espace X^n est ≥ 3.

Démonstration par la théorie des distributions. — Soit μ la mesure définie dans Y^n par la répartition homogène d'une masse $+1$ sur la sphère S d'équation $|y|=1$. Appelons V la distribution dérivée partielle $\partial\mu/\partial y_1$ (couche sphérique de doublets).

V *ne peut pas être approchée par des mesures* V_j *portées par* S.

Sans quoi on devrait avoir, pour toute fonction $\psi(y)$ indéfiniment dérivable à support compact, $\lim V_j(\psi)=V(\psi)$; or si ψ s'annule sur S et si sa dérivée partielle $\partial\psi/\partial y_1$ est, sur S, partout ≥ 0 et en au moins un point >0, on a $V_j(\psi)=0$, pour toute mesure V_j portée par S, et $V(\psi)=\int(-\partial\psi/\partial y_1)\,d\mu(y)<0$.

La mesure μ est l'image de Fourier $\mathcal{F}m$ de la fonction $m(x)=\overline{\mathcal{F}}\mu$.

$$m(x)=\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)\left(\frac{1}{\pi|x|}\right)^{\frac{n-2}{2}}J_{\frac{n-2}{2}}(2\pi|x|)\qquad (J=\text{fonction de Bessel}).$$

Alors $V=\mathcal{F}U$, $U(x)=-2i\pi x_1 m(x)$.

La fonction $U(x)$, continue, est bornée, donc $\in L^\infty$, si $n\geq 3$. Car, pour $|x|$ infiniment grand, $J_{(n-2)/2}(2\pi|x|)=O(1/\sqrt{|x|})$; $|m(x)|=O(1/|x|^{(n-1)/2})$ et $|U(x)|=O(1/|x|^{(n-3)/2})$. $U(x)$ a pour spectre le support S de son image de Fourier V; cependant elle ne peut pas être limite (dans l'espace des distributions sphériques sur X^n ni *a fortiori* dans L^∞) de fonctions U_j dont les images de Fourier V_j soient des mesures portées par S; elle n'est donc pas limite de combinaisons des exponentielles définies par son spectre. C. Q. F. D.

Démonstration élémentaire équivalente. — Dans L^1, appelons $\mathcal{B}^1$ l'espace vectoriel invariant des fonctions $\varphi(x)$ indéfiniment dérivables à support compact, dont l'image $\mathcal{F}\varphi=\psi(y)$ est nulle sur la sphère S de Y^n, et $\mathcal{C}^1$ le sous-espace invariant de $\mathcal{B}_1$ formé des fonctions φ pour lesquelles $\partial\psi/\partial y_1$ est nulle sur S. Les adhérences $\overline{\mathcal{B}^1}$ et $\overline{\mathcal{C}^1}$ de $\mathcal{B}^1$ et $\mathcal{C}^1$ ont pour co-spectre commun S. Cependant pour $n\geq 3$, $\overline{\mathcal{B}^1}$ et $\overline{\mathcal{C}^1}$ sont distincts.

En effet, $U(x)$ étant la fonction définie plus haut, et $\varphi(x)\in\overline{\mathcal{B}^1}$, $\mathcal{F}\varphi=\psi$, on a

$$\int\varphi(x)U(-x)\,dx=\int[2i\pi x_1\varphi(x)]\,m(-x)\,dx=\int(-\partial\psi/\partial y_1)\,d\mu(y)$$

(égalité de Parseval).

([5]) La réponse est affirmative si la frontière de A est dénombrable, comme me l'a indiqué M. Beurling dans une conversation particulière, ou comme il résulte d'un théorème de M. Ditkin, *Uchenye Zapiski Moskov Gos. Univ.* (*Mathematika*, 30, 1939, p. 83-130).

Or cette quantité est nulle si $\varphi \in \overline{\mathcal{C}^1}$, et < 0 pour des $\varphi \in \mathcal{B}^1$, telles que $\partial\psi/\partial y_1$ soit, sur S, partout $\geqq 0$ et, en au moins un point, > 0. C. Q. F. D.

Pour $n \leqq 2$, $U(x)$ n'est plus bornée, $\overline{\mathcal{B}^1}$ et $\overline{\mathcal{C}^1}$ sont identiques. Il est probable que la réponse aux questions posées devient affirmative.

Les distributions permettent une théorie achevée d'analyse et synthèse spectrales que je publierai prochainement.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le couple exercé par un champ magnétique sur un moment magnétique.* Note de M. **Émile Bryliński**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la théorie des masses magnétiques un moment magnétique $\mathfrak{N}$ placé dans un champ magnétique uniforme $\mathcal{H}$ subit un couple de moment

(1) $$\mathfrak{M} = \mathcal{H}\mathfrak{N} \sin\alpha.$$

Mais il n'existe pas de masses magnétiques dans la réalité, de sorte que la validité de la formule précédente est incertaine.

Dans la théorie d'Ampère, où les courants électriques sont les seules sources de magnétisme, le moment magnétique d'un courant i plan enserrant une surface S est égal à Si. Pour en déduire la conséquence, envisageons le cas simple d'un circuit rectangulaire indéformable, dont les côtés a sont horizontaux et les côtés b verticaux, parcouru par un courant i et placé dans un champ d'induction magnétique $\mathcal{B}$ horizontale, faisant un angle α avec la normale ou plan du circuit.

De la loi fondamentale

(2) $$f = \mathcal{B} \wedge i\,dl,$$

donnant la force à laquelle est soumis l'élément de courant $i\,dl$, qui peut être considérée comme définissant l'induction magnétique, il résulte que les côtés a seront soumis à des forces verticales égales et opposées qui s'annulent, alors que les côtés b seront soumis à des forces horizontales perpendiculaires à $\mathcal{B}$, égales et opposées.

(3) $$f = \mathcal{B}bi.$$

Ces forces constituent un couple dont le moment est

(4) $$\mathfrak{M} = \mathcal{B}abi \sin\alpha = \mathcal{B}\mathcal{S}i \sin\alpha.$$

Par conséquent, dans cette théorie, l'équation (1) doit être remplacée par

(5) $$\mathfrak{M} = \mathcal{B}\mathfrak{N} \sin\alpha.$$

Mais la théorie d'Ampère est écrite dans le système électromagnétique (EM) absolu, de sorte que la formule (5) pourrait n'être pas valable dans tout autre système.

De la loi élémentaire de Biot et Laplace

(6) $$\mathcal{H} = \frac{i\,dl \sin\alpha}{r^2},$$

qui peut être considérée comme définissant le champ magnétique on déduit que, si Ω est l'angle solide sous lequel on voit d'un point de l'espace la face positive d'un courant i, le potentiel magnétique créé en ce point par le courant est égal à $i\Omega$.

Or Ampère a assimilé au point de vue des effets magnétiques un courant i à un feuillet magnétique de même contour, de puissance $\mathcal{P}$, donc de moment magnétique $\mathcal{P}S$, dont le potentiel magnétique est, au point considéré, dans tout système non EM, égal à

$$\frac{\mathcal{P}\Omega}{\mu_0} = \frac{\mathfrak{M}\Omega}{\mu_0 S}.$$

Il résulte de là que l'on a, dans un système non EM

(7) $$\mathfrak{M} = \mu_0 S i,$$

au lieu de Si.

Comme, d'autre part,

(8) $$\mathcal{B} = \mu_0(\mathcal{H} + 4\pi\mathcal{J}),$$

l'équation (4) devient

(9) $$\mathfrak{M} = (\mathcal{H} + 4\pi\mathcal{J})\,\mu_0 S i \sin\alpha = (\mathcal{H} + 4\pi\mathcal{J})\,\mathfrak{M} \sin\alpha.$$

Ce résultat valide la formule (1) s'il demeure bien entendu que le champ magnétique intervenant dans cette formule n'est pas le champ magnétisant, indépendant de la nature du milieu, produit par les courants qui créent le champ magnétique, mais le champ résultant qui tient compte de la réaction de la matière constituant le milieu. *Dans le système* EM ce champ résultant est précisément l'induction magnétique, ce qui justifie la formule (5) dans ce cas.

Cette formule est également applicable dans le système de Gauss.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Surfaces des montmorillonites activées par traitement acide.* Note (*) de M. **Stanislas Teichner**, transmise par M. Paul Pascal.

On sait que le traitement à l'ébullition de la montmorillonite par l'acide sulfurique à 30 % durant un temps limité enlève une fraction plus ou moins importante des cations Al, Mg et Fe de cette terre. Si l'attaque n'est pas trop prolongée, la structure initiale est sensiblement conservée. D'après l'hypothèse

(*) Séance du 9 août 1948.

de M. Mathieu et J. Mering [1], le départ d'ions métalliques et, éventuellement, d'eau créerait des lacunes dans les feuillets de la montmorillonite. Pour tenter de vérifier cette hypothèse, nous avons examiné deux échantillons activés de montmorillonite dont les caractéristiques sont les suivantes :

Échantillon.	Durée de l'attaque acide	Teneur en ions Al, Mg, Fe.	Grandeur de la maille.
Terre naturelle	0	100 %	711 g.
» activée n° 100	2 h.	46	555
» activée n° 101	4 h.	29	505

Les terres activées ont été tout d'abord neutralisées par une quantité de soude calculée d'après leur capacité d'échange. Nous avons ensuite déterminé leur eau de constitution à l'aide de la méthode de traitement par le vide précédemment décrite [2]. Les surfaces ont été mesurées par adsorption d'azote à — 195° et de butane normal à 0°.

Les différents traitements et les résultats correspondants figurent au tableau ci-dessous :

				Surfaces				Isothermes	
				azote		butane			
Produit examiné.	T.	n.	n'.	m²/g.	m²/maille.	m²/g.	m²/maille.	azote.	butane.
1-terre activée n° 100	20°	2,4	4	175	97.000	108	60.000	type II	type IV
2-terre activée n° 100	180	2,4	0	212	118.000	83	46.000	type II	type IV
3-terre activée n° 100	450	2,1	0	157	87.000	81	45.000	type II	type II
4-produit 3 réhydraté	180	2,4	0	166	92.000	83	46.000	type II	type II
5-terre activée n° 101	20	1,9	4	162	82.000	91	46.000	type II	type II
6-terre activée n° 101	180	1,9	0	183	92.000	89	45.000	type II	type IV
7-terre activée n° 101	450	0,7	0	144	73.000	67	34.000	type II	type II
8-produit 7 réhydraté	180	–	0	151	76.000	106	54.000	type II	type IV
9-terre naturelle	180	4,0	0	87	62.000	34	25.000	type II	type IV

Dans ce tableau sont donnés : la température T du traitement préalable sous vide qui est poursuivi jusqu'à obtention d'un poids constant, sauf à 450° où il ne dure que 24 heures, le nombre n de groupements hydroxyles par maille et le nombre n' de molécules d'eau que le traitement à 20° laisse subsister en excédent, nombre rapporté à celui des ions sodium échangeables. Les surfaces sont données en mètres carrés par gramme de terre calcinée à 900° dans l'air et en mètres carrés par molécule-maille. Les deux dernières colonnes donnent le type de l'isotherme dans la classification de Brunauer [3].

Les résultats précédents montrent clairement que le traitement acide enlève

---

(1) Communication personnelle des auteurs. *Voir* aussi M. Mathieu, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **1**, 1947, p. 14.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1337; **227**, 1948, p. 392.

(3) *Adsorption of Gases and Vapors*, V, I, p. 150, Oxford University Press, 1944.

une fraction importante de l'eau de constitution. Il en est de même pour le chauffage à 450°, ainsi que nous l'avions déjà observé avec la montmorillonite naturelle.

Si pour tous les échantillons examinés, les isothermes d'adsorption d'azote ont la forme en S du type (II), certaines de celles obtenues avec le butane présentent un second point d'inflexion à des pressions relatives supérieures à 0,5, ce qui caractérise l'adsorption avec condensation capillaire [isothermes du type (IV)]. Ces courbes ressemblent beaucoup à celles obtenues par Emmett et Cinnes ([4]) pour l'adsorption d'argon, d'azote et de butane sur un verre poreux dont les pores ont un rayon assez uniforme. Nos résultats semblent donc indiquer que le traitement activant de la montmorillonite crée dans les feuillets des lacunes accessibles aux molécules de butane. Selon la méthode indiquée par Emmett et Cinnes, les isothermes permettent de caractériser les dimensions moyennes de ces pores par une longueur z qui représente la distance entre deux plans parallèles ou le rayon de cavités cylindriques. Pour les deux terres activées, z a été trouvé égal à 10 Å.

Les terres activées désorbées à 20° (échantillons n° 1 et 5) gardent une certaine quantité d'eau en plus des groupements hydroxyles de constitution. La seconde inflexion de l'isotherme du butane est alors plus atténuée et elle disparaît même dans le cas de la terre n° 101. Le phénomène de condensation capillaire n'a donc plus lieu et il semble logique de penser que l'excès d'eau interdit alors au butane l'accès des pores.

L'isotherme d'adsorption du butane sur l'échantillon n° 6 présente un troisième point d'inflexion et, aux fortes pressions relatives, le volume adsorbé croît très rapidement. Cela signifie que l'adsorption multimoléculaire peut se poursuivre ailleurs que dans les lacunes caractérisées par la valeur de z.

La comparaison des surfaces des terres n°s 100 et 101 ainsi que la forme des isothermes obtenues avec le butane montrent qu'il existe un temps optimum d'activation. Si ce temps est dépassé, la surface diminue et la structure poreuse est détruite. Le traitement sous vide à 450° a un effet analogue.

La réhydratation des deux terres actives entraîne une légère augmentation de la surface, mais, pour la terre n° 101, elle fait de plus réapparaître la structure lacunaire.

([4]) *Journ. Phys. Coll. Chem.*, 51, 1947, p. 1248.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la condensation des ions basiques dans l'hydrolyse des sels de plomb.* Note (*) de MM. **Max Geloso** et **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente communication ([1]) nous avons montré que l'hydrolyse du nitrate de plomb conduit, selon les concentrations initiales c en ions Pb^{++}, aux deux équilibres

$$Pb^{++} + H_2O \rightleftharpoons \{PbOH\}^{+} + H^{+}.$$
$$4Pb^{++} + 4H_2O \rightleftharpoons \{PbOH\}_4^{++++} + 4H^{+}.$$

Ces équilibres obéissent aux relations

$$(1)\qquad \frac{[\{PbOH\}^{+}][H^{+}]}{[Pb^{++}]} = k_1, \qquad (2)\qquad \frac{[\{PbOH\}_4^{++++}][H^{+}]^4}{[Pb^{++}]^4} = k_2,$$

où les quantités entre crochets représentent les activités des ions. Ces activités peuvent être remplacées par les concentrations lorsqu'on opère en solutions de force ionique constante, ce qui a été réalisé au cours de nos expériences. Les relations fournissent alors les constantes *apparentes* de l'hydrolyse aux forces ioniques μ considérées.

Pour calculer ces constantes, il faut ajouter à (1) et (2) les relations

$$(3)\qquad c = [Pb^{++}] + [\{PbOH\}^{+}] + 4[\{PbOH\}_4^{++++}];$$
$$(4)\qquad [H^{+}] = [\{PbOH^{+}\}] + 4[\{PbOH\}_4^{++++}].$$

De ce système de quatre équations, on tire, en négligeant $[H^{+}]$ devant c,

$$(5)\qquad [H^{+}] = K_1\frac{c}{[H^{+}]} + 4K_2\frac{c^4}{[H^{+}]^4},$$

c et $[H^{+}]$ se déduisent des droites expérimentales publiées dans la Note précédente ([1]), d'où

$$K_1 = 2,18.10^{-9}, \qquad K_2 = 1,78.10^{-19} \qquad \text{pour} \quad \mu \approx 0,6,$$
$$K'_1 = 4,3.10^{-9}, \qquad K'_2 = 8,9.10^{-19} \qquad \text{pour} \quad \mu \approx 0,06.$$

Il faut souligner que les valeurs des constantes sont peu influencées par une variation même importante de la force ionique. D'ailleurs Pedersen ([2]) qui a opéré en l'absence de tout électrolyte, trouve des résultats qui se rapprochent très sensiblement des valeurs obtenues à $\mu = 0,06$.

Connaissant les constantes, il devient possible de construire la courbe $pH = f(\log V)$ correspondant à l'équation (5). Les points calculés et expéri-

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) M. Geloso et J. Faucherre, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 200.

([2]) K. J. Pedersen, *D. Kgl. Danske*, Vid. S., XXII, 1945, p. 10.

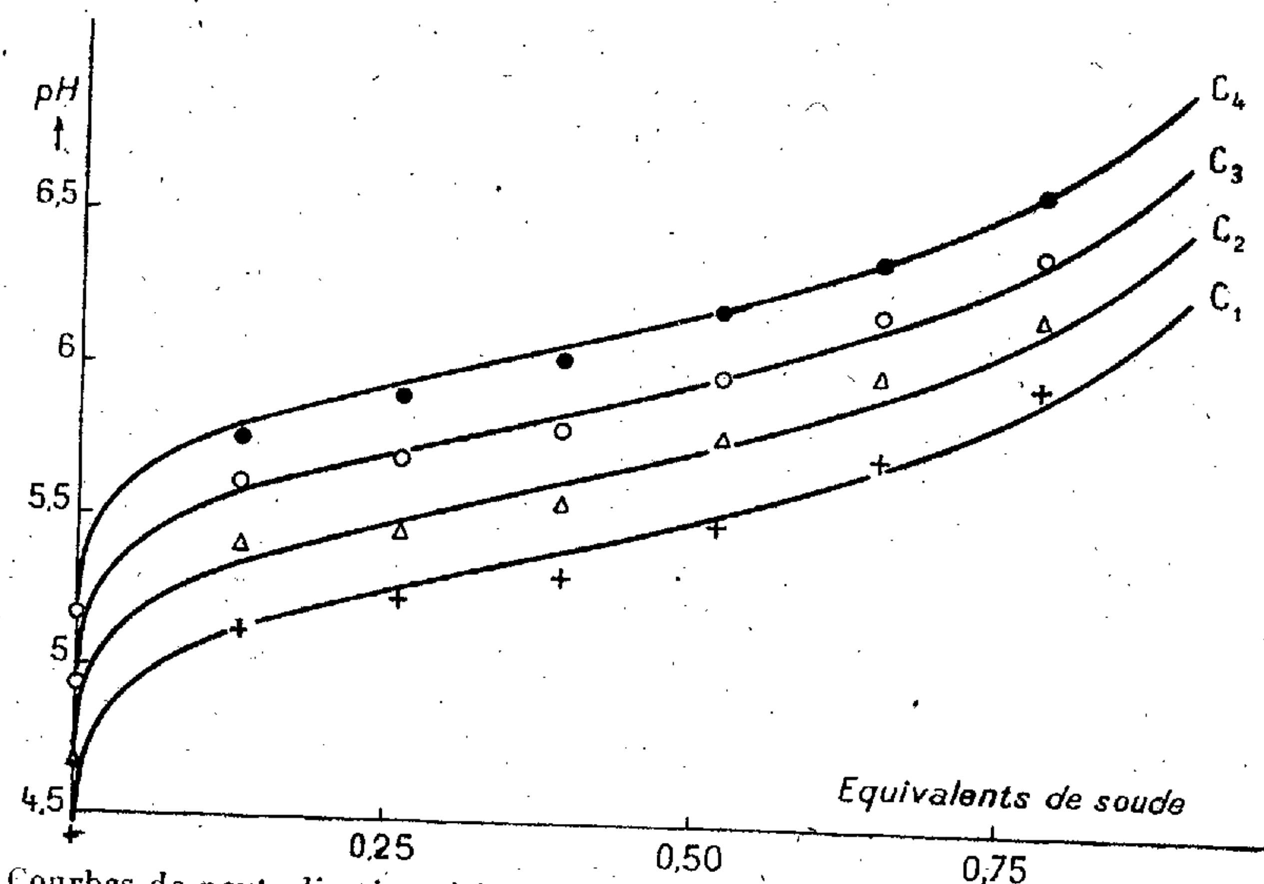
mentaux se rapprochent de façon très satisfaisante comme en témoignent quelques chiffres que nous extrayons d'un tableau d'ensemble ($\mu \approx 0,6$)

c		2.10^{-1}.	1.10^{-1}.	2.10^{-2}.	1.10^{-2}.	$2,5.10^{-3}$.	1.10^{-3}.	5.10^{-4}.
pH	calculés	4,17	4,42	5,00	5,25	5,64	5,82	5,96
	trouvés	4,17	4,42	4,96	5,18	5,59	5,81	5,97

On peut calculer en outre les rapports entre la proportion d'ions Pb^{++} transformés, soit en ions *mono*, soit en ions *tétra*

$$\frac{Pb^{++} \to \text{tétra}}{Pb^{++} \to \text{mono}} = 4\frac{K_2}{K_1}\frac{c^3}{[H^+]^3}.$$

Ce rapport, très voisin de 1 pour les solutions de concentration initiale 10^{-2} ($\mu \approx 0,6$), augmente avec la concentration et devient voisin de 10 pour $c = 2.10^{-1}$. Pour les solutions diluées, au contraire, il diminue, atteint la valeur 0,03 pour $c \approx 5.10^{-4}$.



Courbes de neutralisation théoriques du nitrate de plomb à différentes dilutions, calculées à partir de la constante d'hydrolyse $K_2 = 1,78.10^{-19}$.

+ pH expérimentaux obtenus au cours de la neutralisation du perchlorate de plomb pour $c_1 = 1.10^{-1}$.
△ » » » » » » $c_2 = 5.10^{-2}$.
○ » » » » » » $c_3 = 2,5.10^{-2}$.
● » » » » » » $c_4 = 1,25.10^{-2}$.

Les relations (1) et (2) permettent enfin d'établir la courbe de neutralisation d'un sel de plomb par un alcali sous la réserve que l'anion n'entre pas dans le complexe. On a comparé, sur la figure, les calculs théoriques déduits de la constante d'hydrolyse K_2 du *nitrate* de plomb et les résultats expérimentaux ([3]) obtenus par addition de soude à des solutions de *perchlorate* de plomb. La concordance très remarquable entre les points, quel que soit l'anion, est un argument de plus en faveur de l'existence des ions tétra condensés.

([3]) R. SCHAAL et J. FAUCHERRE, *Bull. Soc. Chim.*, 9-10, 1947, p. 927.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'influence de faibles traces d'impuretés et de l'écrouissage sur la variation des propriétés mécaniques de l'aluminium au cours de sa recristallisation.* Note (*) de MM. **Henri Chossat**, **Michel Mouflard**, **Paul Lacombe** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Albert Portevin.

On sait que la température de recristallisation d'un métal dépend de sa teneur en impuretés. Nous nous proposons de montrer le rôle prépondérant des traces ultimes dans le cas de l'aluminium et celui du taux d'écrouissage imposé au métal avant le traitement thermique.

Nous avons dans cette étude cherché à préciser l'importance respective de ces deux facteurs :

Nous avons étudié deux aluminiums raffinés par double électrolyse et titrant respectivement 99,990 et 99,998. On remarquera qu'il s'agit de valeurs obtenues par différence en dosant colorimétriquement le fer, le silicium, le cuivre et le zinc (l'ordre de grandeur est vérifié par spectrographie semi-quantitative).

Nous avons mesuré, d'une part, les propriétés mécaniques sur des micro-éprouvettes au moyen de la micromachine Chevenard à enregistrement photographique, et, d'autre part, la dureté avec une bille de $2^{mm},5$ de diamètre, chargée à 10^{kg}. Les éprouvettes étaient prélevées dans le métal écroui par laminage, puis recuites à différentes températures pendant 30 minutes (essais isochrones).

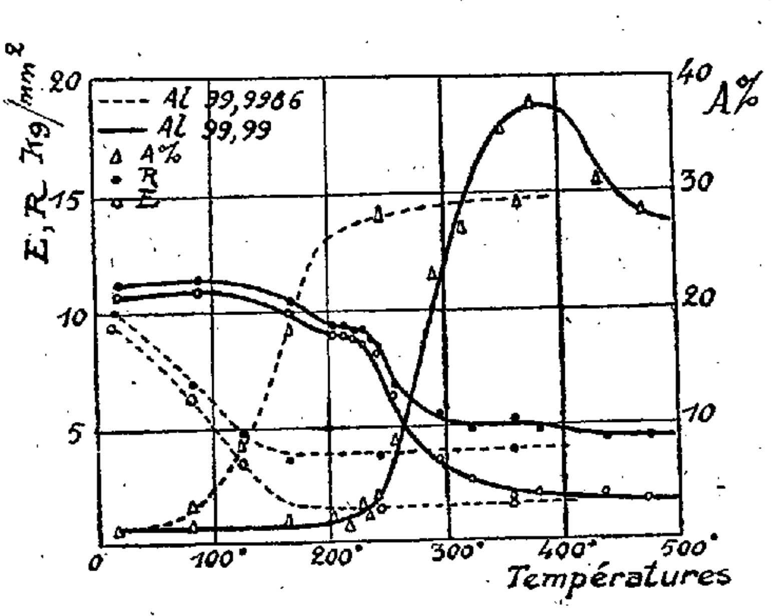


Fig. 1.

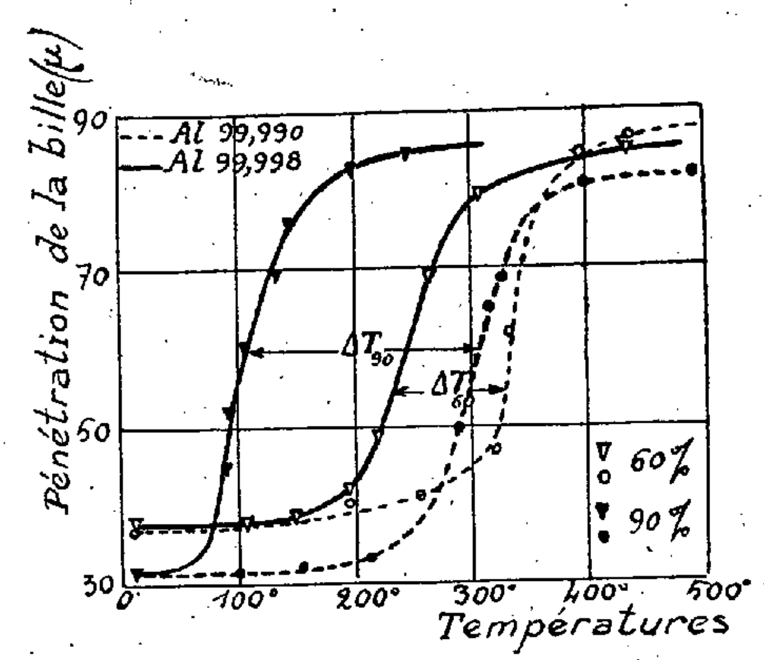


Fig. 2.

Fig. 1. — Comparaison des propriétés mécaniques E, R et A % pour deux aluminiums raffinés en fonction de la température pour un écrouissage de 95 %.

Fig. 2. — La différence de température de recristallisation ΔT entre les deux aluminiums raffinés est d'autant plus élevée que l'écrouissage est plus grand.

La figure 1 représente les variations des caractéristiques mécaniques dans le cas du métal écroui préalablement à 95 %. On constate que les températures définissant le début ou la fin de la recristallisation sont très différentes pour les deux échantillons d'aluminium, bien que leur teneur en impuretés ne diffère que de quelques millièmes pour cent. Dans le cas de l'aluminium 99,998, les

(*) Séance du 19 juillet 1948.

courbes nous indiquent que ce métal recristallise dès la température ordinaire, comme Calvet, Trillat et Païc l'avaient observé par rayons X sur un échantillon de pureté équivalente (1). On remarquera au contraire que les additions de 0,1 % d'impuretés à l'aluminium 99,99 % ne modifient pas sensiblement sa température de recristallisation.

D'autre part, nous avons précisé l'influence du taux d'écrouissage sur la température de recristallisation. Ce facteur joue un rôle d'autant plus important que le métal a un degré de pureté plus élevé. Au fur et à mesure que le taux d'écrouissage croît, l'écart entre les températures de recristallisation des deux aluminiums augmente. La figure 2 résume ces expériences. Les différentes courbes indiquent la variation de la dureté en fonction de la température de recuit pour des taux d'écrouissage de 60 et 90 %. On a donc une méthode très sensible pour distinguer deux aluminiums de pureté comparable, à condition de suivre la recristallisation sur des échantillons très fortement écrouis.

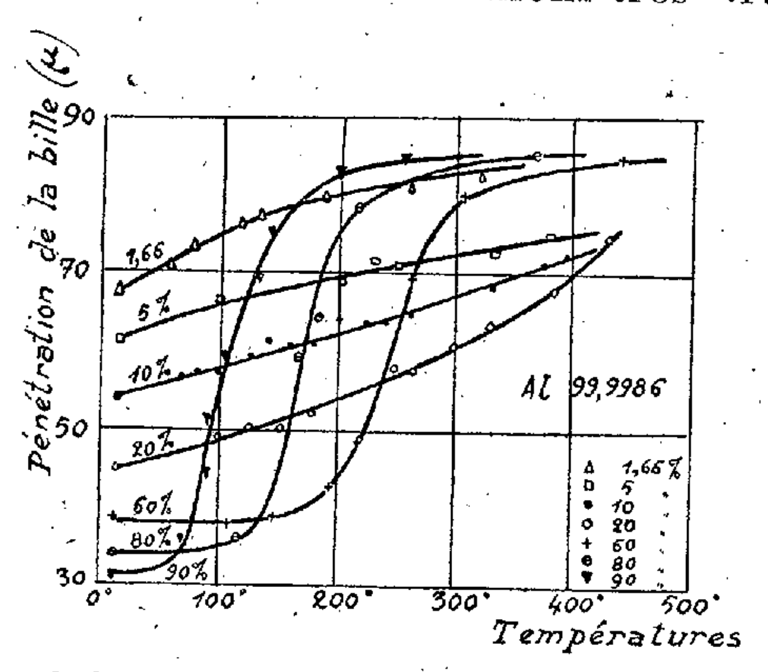


Fig. 3. — Variation de la température de recristallisation de l'aluminium à 99,998 % en fonction du taux d'écrouissage.

On peut même constater que la courbe de recristallisation dans le cas de l'aluminium le plus pur a une allure qui varie fortement avec le taux d'écrouissage. Pour les plus fortes valeurs, de 60 à 90 %, du taux d'écrouissage on observe aucune variation de dureté, avant d'atteindre le début de la température de recristallisation. Au contraire pour les écrouissages plus faibles (*fig.* 3), il se produit une variation progressive de la dureté dès les plus basses températures de recuit. On peut donc en conclure que les processus de recristallisation doivent être très différents suivant qu'il s'agit d'un métal fortement ou légèrement écroui.

L'ensemble de ces essais mécaniques, controlés par l'examen simultané de la structure micrographique, nous a montré que seul le recuit isotherme permet d'isoler le phénomène de restauration. Nous nous proposons d'indiquer ces résultats dans une prochaine publication.

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1935, p. 426.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une méthode rapide de dosage du potassium dans les engrais.* Note de M. **Georges Lejeune**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dosage du potassium par la méthode classique est longue et nécessite toute une série d'opérations pour éliminer les éléments qui peuvent interférer avec le perchlorate de potassium.

Une méthode rapide, permettant d'obtenir le taux de potassium à 2 % près en valeur absolue, sans effectuer la séparation préalable des éléments présents, sodium, magnésium, ammonium, sulfate, chlorure, peut être obtenue en appliquant le principe de dosage proposé par Steig et Nieman pour le dosage des acides aminés.

Elle consiste à précipiter un sel peu soluble par des quantités variables de réactif dans un même volume total de solution, la quantité du corps à doser étant la même dans tous les cas.

Pour que la méthode s'applique au dosage du potassium, il faut éviter deux écueils, la sursaturation du perchlorate de potassium et la coprécipitation de substances étrangères.

Ce but est obtenu par une addition d'alcool à la solution aqueuse, suffisante pour diminuer la solubilité du perchlorate, mais insuffisante pour amener la cristallisation de substances, telles que le sulfate de sodium qui peut se former par double décomposition. En présence d'ion ammonium, la coprécipitation n'est évitée que par addition préalable d'un peu de formol.

Lorsque l'on précipite du perchlorate de potassium, il en reste en solution une certaine quantité sous forme ionisée et ces ions, pour une température déterminée, ont un produit de solubilité défini

$$(\text{Conc. } ClO_4^-)\,(\text{Conc. } K^+) = k.$$

Il n'est pas nécessaire de connaître cette constante, car si, à la même température, on effectue la précipitation dans deux solutions de même volume total, contenant la même quantité d'ion à doser mais avec des quantités différentes d'ion précipitant, on a

$$k = \underset{C_1}{(\text{Conc. } ClO_4^-)}\,\underset{C'_1}{(\text{Conc. } K^+)} = \underset{C_2}{(\text{Conc. } ClO_4^-)}\,\underset{C'_2}{(\text{Conc. } K^+)}$$

Connaissant les poids de perchlorate précipités dans les expériences (1) et (2); P_1 et P_2 ainsi que la quantité d'ion perchlorate (X_1 et X_2) mis en jeu dans chaque cas, on peut par le calcul en déduire la quantité totale Y d'ion potassium mis en jeu; on trouve

$$(1)\qquad Y = 0{,}282\,\frac{P_1(X_1 - 0{,}718P_1) - P_2(X_2 - 0{,}718P_2)}{X_1 - X_2 - 0{,}718(P_1 - P_2)}.$$

En effet on avait avant précipitation dans les solutions

$$Y.K^+ \text{ et } X_1.ClO_4^- \quad \text{et} \quad Y.K^+ \text{ et } X_2.ClO_4^-$$

il s'est précipité

$$P_1 = 0,282\,P_1.K^+ + 0,718\,P_1.ClO_4^-,$$
$$P_2 = 0,282\,P_2.K^+ + 0,718\,P_2.ClO_4^-.$$

On en déduit les quantités restées en solution qui interviennent dans le produit de solubilité

$$(X_1 - 0,718\,P_1)(Y - 0,282\,P_1) = (X_2 - 0,718\,P_2)(Y - 0,282\,P_2)$$

et il en résulte la relation (1).

L'équation précédente se simplifie si l'on utilise à chaque essai une quantité judicieusement choisie de réactif :

Si nous prenons $X_1 = 2^g$ et $X_2 = 1^g$, la formule devient :

$$(2) \qquad Y = 0,282\,\frac{P_1 + (P_1 - P_2)[1 - 0,718\,(P_1 + P_2)]}{1 - 0,718\,(P_1 - P_2)}.$$

De plus si la quantité de potassium en solution est telle que les précipités soient de l'ordre de $0^g,200$, la différence entre P_1 et P_2 est de l'ordre de $0^g,030$; un calcul d'erreur montre que l'on peut avoir le résultat à 2 % près en appliquant la formule

$$(3) \qquad Y = 0,282\,[P_1 + (P_1 - P_2)] = 0,282\,(2P_1 - P_2).$$

Cette relation (3) équivaut à supposer que la précipitation n'a pas modifié sensiblement le rapport des concentrations en ions perchloriques relativement à ce qu'il était initialement. Il est d'ailleurs loisible d'appliquer la relation (2).

Le mode opératoire utilisé est le suivant :

Dissoudre 10^g de substance dans 1000^{cm^3} d'eau (prendre 20^g si l'on a un engrais à faible teneur en potasse) et filtrer la solution si c'est nécessaire. Mettre dans deux béchers de 50^{cm^3}, 20^{cm^3} de la solution à analyser puis 20^{cm^3} de solution précipitante. Agiter puis laisser reposer une heure au bain d'eau pour que les deux solutions aient la même température. Filtrer le précipité de perchlorate sur creuset de verre filtrant préalablement taré en s'aidant de la trompe à vide. Laver et rincer deux fois avec 2^{cm^3} d'alcool à 90°. Sécher 30 minutes à 105°; laisser refroidir et peser.

En présence d'ammoniaque ajouter 5^{cm^3} de formol commercial aux 20^{cm^3} de solution à analyser avant d'ajouter la solution de perchlorate, puis continuer comme précédemment.

Nota. — Pour préparer les solutions précipitantes contenant respectivement 2^g et 1^g d'ion perchlorate dans 20^{cm^3}, dissoudre 280 et 140^g de perchlorate de sodium cristallisé $ClO_4Na + OH_2$ dans une solution contenant 800^{cm^3} d'alcool à 95° et 200^{cm^3} d'eau et amener à 1000^{cm^3}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une théorie de la catalyse homogène en chimie organique*. Note (*) de MM. **René Jacquemain** et **Jean Berger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans les réactions de la chimie organique qui s'effectuent pour la plupart des cas en phase liquide, il est difficile de ne pas tenir compte de l'interaction des molécules qui, apparemment n'interviennent pas, mais qui constituent le milieu réactionnel. Ceci nous a ainsi amenés à envisager l'action des dipôles dont les porteurs pourraient entrer en association moléculaire avec les molécules réagissantes.

Nous supposons comme T. M. Lowry ([1]) que l'activation des molécules organiques consiste en leur ionisation, mais, alors que pour cet auteur, seules les molécules hétéropolaires ont une action catalytique, nous supposons que cette activation peut être provoquée ou facilitée par l'action des molécules polaires en général. Nous admettons enfin qu'une molécule déjà activée peut perdre son ionisation sous l'influence du champ électrique d'une molécule polaire. Elles peuvent donc se présenter, selon les conditions expérimentales, comme catalyseurs positifs ou négatifs, on peut les appeler catalyseurs directs.

Il est nécessaire d'envisager une deuxième catégorie de substances susceptibles de modifier la concentration ou la polarité des molécules catalyseurs. Nous les appelons : catalyseurs indirects.

Parmi ceux-ci, nous rangeons les substances colloïdales qui, par adsorption, peuvent changer la concentration du catalyseur, les molécules polarisables qui peuvent agir sur sa polarité et enfin les espèces chimiques de la première catégorie. Les molécules polaires peuvent en effet s'associer entre elles pour former des complexes à polarité différente de celle des molécules constituantes. Cela est vrai aussi pour des molécules polaires de même espèce chimique et cela nous permet de prévoir l'influence que la concentration de ces substances peut jouer dans la catalyse.

Influence de la concentration. — A concentration faible par rapport à celle des substances réagissantes, les molécules polaires ne formeront pratiquement d'associations moléculaires qu'avec ces dernières. Dans de telles conditions, elles se présenteront généralement comme catalyseurs positifs. A des concentrations plus élevées, les molécules polaires pourront s'associer entre elles en formant par exemple des complexes à polarité nulle, annulant ainsi l'activité catalytique positive. En supposant que les forces associatives sont d'origine électrostatique, elles pourront se dissocier sous l'action du champ électrique d'une molécule activée donc ionisée, elles pourront la désactiver, donc ces complexes électriquement neutres seront des catalyseurs négatifs.

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, (4e série), 35, 1924, p. 815.

Cette hypothèse sur l'influence de la concentration donne une explication satisfaisante de la propriété des phénols, substances éminemment associables et constituant la classe type des anti-oxygènes, alors qu'il semble qu'on puisse déduire des travaux de certains auteurs qu'à de très faibles concentrations ils agissent comme prooxygènes. Entre les cas extrêmes : *a*. association molécules réagissantes, molécules polaires, et *b*. association se faisant uniquement entre les molécules catalysantes, il y aura équilibre entre ces deux formes de complexes, équilibre qui sera soumis évidemment à l'influence de la concentration et de la température.

En ce qui concerne plus spécialement l'influence de la température, nous indiquerons plus loin et dans une Note ultérieure, sur la fixation de l'oxygène par les diènes, qu'elle provoque la même inversion de la catalyse.

On doit donc admettre pour chaque température une concentration où l'activité catalytique change de signe, nous l'appellerons concentration isocatalytique. De même la température où, pour une concentration donnée de molécules polaires, leurs activités s'inversent, sera nommée température isocatalytique. Il est à remarquer qu'une température suffisamment élevée dissociera finalement toutes les associations et l'activité catalytique des molécules polaires à de telles températures dépendra de l'ordre de la réaction, la durée de choc intervenant. Il résulte de nos expériences que les dérivés oxygénés des hydrocarbures aromatiques empêchent la polymérisation des huiles siccatives à la température ordinaire, tandis que vers 300°, ils la favorisent dans le cas de l'huile de lin et sont presque sans action dans le cas de l'huile de bois de Chine (il y aurait même plutôt catalyse négative). L'explication la plus vraisemblable est qu'ils peuvent provoquer l'isomérisation de l'acide linoléique et linolénique en acides à systèmes de doubles liaisons conjuguées (réactions mono-moléculaires), mais ils seront sans action sur la réaction diénique de polymérisation (réactions bimoléculaires).

Dans une prochaine Note nous tenterons d'expliquer à la lumière de cette théorie le phénomène de la fixation autocatalytique de l'oxygène par les diènes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux α.α-diphénylbutanoloïques isomères et les olides correspondants*. Note (*) de M. **François Salmon-Legagneur**, transmise par M. Marcel Delépine.

Poursuivant mes recherches sur l'acide α.α-diphénylsuccinique et ses dérivés ([1]), il m'a paru intéressant de tenter la réduction des deux types d'esters acides α.α-diphénylsucciniques pour préparer les deux α.α-diphényl-butanolides isomères I (ou β-olide) et II (ou α-olide) ainsi que les acides-

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057 et 218, 1944, p. 681.

alcools correspondants et de comparer ensuite les deux couples de produits obtenus au point de vue stabilité et facilité de formation du cycle lactonique:

$$\underset{\alpha\text{-acide }\beta\text{-ester}}{\begin{array}{l}(C_6H_5)_2C\text{——}CO_2H\\ \quad\quad |\\ \quad CH_2\text{—}CO_2R\end{array}} \rightarrow \underset{\beta\text{-olide (I)}}{\begin{array}{l}(C_6H_5)_2C \quad CO\\ \quad\quad\quad\quad >O;\\ \quad CH_2 \; CH_2\end{array}} \quad \underset{\beta\text{-acide }\alpha\text{-ester}}{\begin{array}{l}(C_6H_5)_2C\text{——}CO_2R\\ \quad\quad |\\ \quad CH_2\text{—}CO_2H\end{array}} \rightarrow \underset{\alpha\text{-olide (II)}}{\begin{array}{l}(C_6H_5)_2C \quad CH_2\\ \quad\quad\quad\quad >O\\ \quad CH_2 \; CO\end{array}}$$

Les deux olides (I) et (II) ont pu être isolés de cette façon sans grandes difficultés en utilisant la réduction par le sodium et l'alcool (méthode de Bouveault et Blanc). D'ailleurs, contrairement à ce que l'on pouvait redouter dans la réduction du β-acide α-ester, l'effet stérique n'a pas joué sensiblement et les rendements obtenus ont été très acceptables.

Ainsi la réduction du β-ester éthylique α.α-diphénylsuccinique a donné le β-olide (I), $C_{16}H_{14}O_2$, F 78-79°, avec un rendement de 65 % en produit brut et celle de l'α-ester méthylique α.α-diphénylsuccinique l'α-olide (II), $C_{16}H_{14}O_2$, F 109-110°, avec un rendement moyen de 45 % en produit brut. Encore faut-il noter que dans ce dernier cas la baisse du rendement n'est pas due à l'effet stérique mais au fait qu'il y a en même temps décarbonylation partielle au cours de la réduction avec formation (40 % en produit brut) d'acide β.β-diphénylpropionique : $(C_6H_5)_2CH-CH_2-CO_2H$.

Une saponification alcaline en milieu hydroalcoolique des deux olides, suivie d'une acidification juste nécessaire, a permis d'isoler les deux acides-alcools correspondants : diphényl-2.2 butanol-4 oïque, $C_{16}H_{16}O_3$, F 179-180° et diphényl-3.3 butanol-4 oïque, $C_{16}H_{16}O_3$, F 140-142°. De ces deux acides-alcools, le premier (acide-alcool-β) est relativement stable, mais le second (acide-alcool-α) se lactonise lentement à la longue à température ordinaire. Son point de fusion exact est d'ailleurs difficile à observer en raison de la lactonisation sous l'action de la chaleur.

Des mesures potentiométriques montrent que l'acide-alcool-β a bien la fonction acide la plus forte en raison du caractère polaire marqué des deux radicaux phénylés fixés sur le carbone voisin du carboxyle. Ainsi en solution aqueuse avec alcool méthylique à 50 %, en présence de ClK (concentration N/4) les constantes de dissociation électrolytiques à 18° sont respectivement $K = 0,26 \times 10^{-5}$ pour l'acide-alcool-β et $K = 0,20 \times 10^{-5}$ pour l'acide-alcool-α; la différence n'est pas très grande mais cependant nette.

Néanmoins des mesures de vitesse de lactonisation montrent que l'acide-alcool-α, bien qu'ayant la fonction acide la plus faible, se cyclise le plus rapidement (à 50° environ 3,5 fois plus vite que son isomère β en solution hydroalcoolique à 50 % et en présence de la quantité équimoléculaire de SO_4H_2).

Ceci nous montre que dans le cas présent la différence de force des deux

fonctions acides ne joue pratiquement pas dans le processus de lactonisation. La plus grande vitesse de cyclisation de l'acide-alcool-α doit vraisemblablement être attribuée au fait que la présence des deux radicaux phénylés provoque sur le chaînon CH_2OH voisin une déflexion des angles valentiels plus grande que pour l'acide-alcool-β. Le groupement alcool serait ainsi dans l'espace rapproché davantage du groupement carboxyle, et l'interaction entre eux s'en trouverait facilitée.

Des mesures de vitesse d'ouverture du cycle lactonique sous l'action de la soude en milieu hydroalcoolique des deux olides indiquent que c'est également l'α-olide qui réagit le plus vite dans ces condition (environ 8 fois plus rapidement que le β-olide à 12°). On se serait plutôt attendu à l'inverse : l'olide correspondant à l'acide-alcool qui se lactonise le plus aisément étant en général le plus stable.

L'explication de ce résultat, en contradiction apparente avec celui de la lactonisation, est néanmoins assez aisée. Ici le phénomène de saponification des deux olides serait bien sous l'influence de l'empêchement stérique. Des travaux antérieurs ([2]) ont en effet montré que dans une saponification ou dans une hydrolyse d'ester il y a rupture de liaison entre le carbonyle et l'oxygène et non entre celui-ci et le groupe méthylénique. Dans ces conditions on comprend que l'α-olide, dans lequel la liaison carbonyle-oxygène est plus éloignée du carbone porteur des deux radicaux phénylés que dans le β-olide, se saponifie plus aisément que ce dernier.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mucilage du Gui*. Note de MM. **Georges Mangenot**, **Jean Rebiffe** et **Adrien Roudier**, présentée par M. Roger Heim.

Le mucilage de la pseudo-baie du Gui (*Viscum album* L.), appelé *viscine* par Van Tieghem, matière visqueuse très adhésive, forme, par étirement, des fils élastiques dont l'un de nous a observé, au hasard d'un examen au microscope polarisant, qu'ils sont biréfringents. Une rapide étude bibliographique nous a révélé que l'on ne sait rien de la viscine et nous avons ainsi été conduits à entreprendre des recherches sur ce sujet.

Nous avons ainsi découvert que les fils élastiques de *viscine* sont constitués par un axe cellulosique enduit d'une matière pectique : une double coloration par le noir direct et le rouge de ruthénium met cette structure en évidence avec la plus grande netteté. On peut, d'autre part, sectionner un filament desséché tendu par un poids, en le mouillant, en un point, avec une trace de réactif de Schweizer : par conséquent, c'est l'axe cellulosique qui confère, au mucilage du Gui, sa ténacité caractéristique. De plus, l'examen de ces filaments aux

---

([2]) Polanyl et Szabo, *Trans. Faraday Soc.*, 30, 1934, p. 508.

rayons X révèle le spectre de diffraction caractéristique de la cellulose [1]. Après traitement par la soude à 17,5 %, la *viscine* abandonne un résidu de cellulose pure donnant exclusivement du glucose à l'hydrolyse et en quantités correspondant aux chiffres relatifs à la cellulose du coton; après traitement par une solution de soude à 4 %, les matières pectiques ne sont pas complètement éliminées et l'on obtient à l'hydrolyse, en plus du glucose provenant de la cellulose, un mélange de galactose, d'arabinose et d'acides uroniques [chromatographie sur papier filtre [2]]. Mais les fils de viscine contiennent encore des résidus protoplasmiques (fraction azotée dans la partie extraite par la soude à 4 %): leur coloration au moyen de la méthode de Feulgen y révèle la présence de noyaux subpycnotiques, filiformes interminablement étirés.

Dans la pseudo-baie mûre, ce mucilage est contenu dans un tissu occupant, autour de la coque ligneuse qui limite le véritable fruit, la partie profonde de l'enveloppe charnue, d'origine réceptaculaire. Le développement de cet ensemble commence dès fin février environ, époque de la floraison, et s'achève en décembre, janvier. Dès le mois de juin, le tissu mucilagineux se différencie, autour des premiers éléments lignifiés de la paroi du fruit, sous forme d'un anneau, d'abord mince, mais qui s'épaissit rapidement par allongement radial des cellules : celles-ci offrent, dès lors, une paroi épaisse, fortement colorable par le rouge du ruthénium, et limitée en surface par une mince pellicule cellulosique. En juillet, cette pellicule, devenue plus évidente, présente nettement une structure spiralée, avec orientation transversale des tours de la spire. Dès la fin d'août, les cellules à mucilage, complètement achevées, peuvent être définies comme des *fibres mucilagineuses*, à paroi pectique épaisse limitée, extérieurement, par une ligature cellulosique spiralée; à l'intérieur, dans une cavité très réduite, on distingue un noyau, déjà subpycnotique, et quelques résidus cytoplasmiques.

Cette disposition rappelle beaucoup celle qui est réalisée dans les poils ou fibres cellulosiques : la spire superficielle est identique à celle qui enveloppe un poil de coton ou une fibre de lin, tandis que le cylindre pectique sous-jacent est l'homologue des couches secondaires; la comparaison est même possible du point de vue physique : on sait, en effet, que ces couches secondaires de la fibre cellulosique sont facilement gélatinisées, tandis que la ligature externe est constituée par une variété de cellulose moins soluble, probablement plus condensée [3].

On comprend, dès lors, la structure et les propriétés des fils d'étirement du mucilage de Gui : lorsqu'on exerce une traction sur les fibres mucilagineuses

---

(1) Les diagrammes de rayons X ont été obtenus par Mlle Thérèse Petitpas.

(2) S. M. Partridge, *Nature*, 158, 1946, p. 270.

(3) G. Mangenot et Mlle Raison, *Rev. Cytol. et Cytophysiol. vég.*, 6, 1942, p. 1-84; G. Mangenot, *Revue scientifique*, 1943, p. 483-498.

mises à nu par déchirure de la pseudo-baie, la gelée pectique, visqueuse, entraîne les spires cellulosiques qui se déroulent. L'observation révèle que le fil résultant de ce déroulement peut s'étirer et s'amincir considérablement et qu'il est élastique. On sait que la spire cellulosique entourant les poils et fibres du type coton-lin offrent la même élasticité; mais il est très difficile de les manipuler, tandis que le mucilage du Gui nous permet de le faire avec la plus grande facilité.

Des parois celluloso-pectiques ainsi constituées sont sans doute peu fréquentes et représentent un cas limite intéressant. Il serait souhaitable que fût reprise, à la lumière de ces faits, l'étude des cellules superficielles de certaines graines (*Cobæa scandens*, en particulier) dont les parois, très riches en mucilage, présentent aussi, d'après Popovici ([4]), une spire cellulosique déroulable.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'oxalate de calcium dans la cellule des Bryophytes.* Note de M. **Jean Eymé**, présentée par M. Roger Heim.

Au cours de l'étude du vacuome de diverses espèces de Muscinées, nous avons rencontré à plusieurs reprises des cristaux que nous rapportons à des formes de l'oxalate de calcium. À notre connaissance, de telles cristallisations n'ont jamais été signalées chez les Bryophytes, du moins sans traitement spécial (par exemple certaines irradiations comme nous le verrons plus loin). Nous avons vérifié la nature chimique de ce sel par quelques réactions micro-chimiques simples. Ces cristallisations sont insolubles dans l'acide acétique à 5 %, mais parfaitement solubles dans l'alun de fer ammoniacal en solution à 4 % ainsi que dans l'acide chlorhydrique dilué.

C'est d'abord dans de jeunes feuilles de *Funaria hygrometrica* en parfaite vitalité qu'il nous a été donné de rencontrer, à l'intérieur de la vacuole centrale, de multiples cristaux octaédriques dits *en enveloppe de lettre*. Le plus souvent ces cristaux se trouvent groupés dans une région quelconque de la vacuole et rarement isolés. Certains d'entre eux s'interpénètrent quelquefois pour former des mâcles. A côté de ces octaèdres que nous rapportons à de l'oxalate trihydraté (Pobéguin, 1943), on peut rencontrer dans ces mêmes cellules des aiguilles allongées de monohydrate. Dans le même *Funaria hygrometrica*, certaines cellules présentent même un *sable* de grains critallins, de volume très réduit.

Sur un même pied de *Funaria* portant des organes reproducteurs, les octaèdres sont les plus fréquents. Ils sont localisés essentiellement dans les feuilles périchétiales des bourgeons portant des archégones et présentent leur volume maximum au moment de la maturité de ces organes. Ces cristaux nous

---

([4]) A. P. Popovici, *Inaug. Diss. Bonn*, 1893.

sont apparus plus rares dans les feuilles des bourgeons à anthéridies. De façon générale ils se rencontrent dans des cellules qui ne se divisent plus. En effet, nous n'avons jamais observé d'oxalate de calcium dans les cellules où les plastes se montrent en division et sont réunis par des filaments interplastidaires que nous avons décrits (P. Dangeard et J. Eymé, 1947). Ces formations cristallines persistent également dans les cellules de feuilles en voie de mortification et se retrouvent intactes lorsque ces mêmes feuilles sont desséchées.

A la suite de cette étude chez *Funaria* nous avons voulu rechercher la présence de l'oxalate de Ca dans d'autres espèces de Bryophytes. Dans les Sphaignes, nous avons noté la présence de cristallisations dans le vacuome des feuilles périchétiales de *Sphagnum cymbifolium*. Ces feuilles sont en effet presque dépourvues de hyalocystes et se prêtent à un examen facile de leurs chlorocystes. Nous en avons découvert également dans les cellules incolores et très vacuolisées du parenchyme central du sporogone ainsi que dans les cellules allongées du tissu du pédicelle portant le sporogone. Nous y avons observé de longues aiguilles prismatiques de monohydrate, des octaèdres de trihydrate ainsi que des ensembles cristallins mal définis produits de l'agrégation de nombreux cristaux entre eux.

A la suite de Nadson et Rochline (1928) qui ont irradié par les rayons ultraviolets des tiges feuillées de *Pterigophyllum hepaticæfolium*, nous avons nous-même exposé à ces mêmes radiations des gamétophytes d'une espèce voisine : *Pterigophyllum lucens*. Comme ces auteurs, nous avons constaté l'apparition de cristaux octaédriques d'oxalate de Ca dans des cellules foliaires qui en étaient dépourvues auparavant.

Ainsi donc, après ces observations, il nous apparaît que la présence d'oxalate de Ca à l'intérieur de certains tissus de Bryophytes, traduit un métabolisme particulier à certains moments du cycle végétatif de ces végétaux. La dépolymérisation de l'amidon, entraînant une production exagérée de sucres, aurait pour conséquence une oxydation incomplète de ces sucres et la production d'acide oxalique. La neutralisation de ce dernier donne l'oxalate de Ca qui, très peu soluble, cristallise dans la vacuole. Ce sel ne peut être considéré que comme un produit de déchet localisé, non dans tout le corps des Bryophytes étudiés, mais dans des cellules bien définies. Il n'apparaît en effet que dans des tissus dont les cellules, encore vivantes et colorables vitalement, sont cependant vouées à une assez proche dégénérescence. Ainsi, il ne peut être repris par le métabolisme général et sa signification chez les Bryophytes rejoint ce qui est devenu classique chez les Phanérogames.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inversion du géotropisme par l'hétéroauxine chez* Thuya orientalis. Note de M[lle] **Camille Bulard**, présentée par M. Raoul Combes.

On a justifié le géotropisme positif des racines et le géotropisme négatif des tiges des végétaux, dans les conditions normales, en invoquant la réaction différente des cellules de ces organes aux substances de croissance. Nous avons voulu voir si, en soumettant des plantules de *Thuya orientalis* à des concentrations de plus en plus élevées d'hétéroauxine, on peut modifier le tropisme de l'hypocotyle et de la racine.

Expérience A. — Le 31 mai, des graines de *Thuya* furent placées dans l'eau distillée contenant 0,1, 10, 100, 200, 400^{mg} par litre d'acide indol-β-acétique. Retirées après 48 heures, les graines furent semées dans du sable de Bordeaux lavé et calciné, contenu dans des entonnoirs de 12^{cm} de diamètre. La moitié de ces récipients est restée à la lumière diffuse (humidité 90 %); la température oscillait entre 18 et 20°. Nous avons arrosé chacun des lots de plantes en expériences avec la même quantité de solution correspondant aux concentrations de trempage.

Expérience B. — Dès l'apparition du germe, une certaine proportion des graines est transplantée horizontalement à une profondeur de 2^{mm} dans d'autres entonnoirs.

Expérience C. — Trois lots de graines de *Thuya*, après avoir séjourné pendant 72 heures dans les solutions aqueuses à 100, 200, 400^{mg} d'hétéroauxine par litre, ont été semées dans le sable comme dans l'expérience A, placées dans l'obscurité et arrosées cette fois à l'eau distillée.

Les résultats obtenus dans l'expérience A sont résumés dans le tableau suivant, montrant le pourcentage des plantules qui présentent des cotylédons enfoncés dans le sable; l'hypocotyle et la racine y sont développés au-dessus des cotylédons et sortent du sable en direction verticale; la racine pousse verticalement de bas en haut.

Teneur de la solution en milligrammes d'hétéroauxine par litre.

	400.	200.	100.	10.	1.	0.
Obscurité......	75	65	45	25	5	0
Lumière.......	50	30	20	0	0	0

Il faut remarquer que dans le cas des plantules ayant végété à l'obscurité, le reste des plantules (25 % pour la solution à 400^{mg} et 35 % pour la solution à 200^{mg}) sont, soit couchées horizontalement, soit orientées sous un angle de 20 à 50°, leur racine restant enfoncée dans le sable (hypocotyles et cotylédons poussant dans l'air). Dans le cas des concentrations inférieures à 200^{mg}, pour le reste des plantules, certaines de celles-ci se développent horizontalement, mais la proportion des *Thuya* qui se sont développés dans une position à peu près

normale augmente fortement au fur et à mesure que la teneur en hétéroauxine du milieu diminue; c'est ainsi que, à 1^{mg} par litre, 95 % des plantules sont normales.

En ce qui concerne l'expérience B, les rapports restent sensiblement les mêmes. D'autre part, les graines de l'expérience C ont donné des racines et des hypocotyles se développant dans l'air dans une proportion inférieure à celle indiquée précédemment : pour la concentration 400, on trouve environ 50 %.

L'expérience B va nous permettre de comprendre les phénomènes d'inversion de géotropisme observés au cours des expériences A, B et C.

Au début de l'expérience B, le rapport de l'élongation des cellules de la partie inférieure de la racine et de l'hypocotyle à celle de la partie supérieure des mêmes organes croît avec la dose d'hétéroauxine dans les limites de l'expérience; cela provoque une courbure de plus en plus accentuée. Au stade initial de la végétation, l'intensité de l'élongation des cellules croît des cotylédons vers le collet dans l'hypocotyle, et de la coiffe vers le collet dans la racine. Il en résulte que la plantule prenant appui sur les cotylédons enfoncés dans le sable se courbe en arc par inégalité de croissance; de ce fait la racine sort de terre presque verticale, la coiffe en l'air. Le géotropisme de la racine et de l'hypocotyle est donc inversé.

De ces expériences on peut conclure : *a.* l'acide indol-β-acétique, aux concentrations 100 à 400 mg/l, détermine une inversion du géotropisme des *Thuya* dans une proportion très élevée, surtout à l'obscurité; *b.* on remarque que le géotropisme commence à être affecté dès la concentration de 1^{mg}, lorsque le développement s'effectue à l'obscurité; *c.* la lumière diminue sensiblement l'intensité de la réaction. Les plantes ayant végété à l'obscurité et traitées par une solution à 100^{mg} réagissent à peu près comme celles qui se sont développées à la lumière mais qui ont été arrosées par une solution à 400^{mg}; *d.* dans certains cas, il semble que l'hétéroauxine entrave pratiquement tout phénomène tropique : tiges et racines se développent parallèlement à la surface du substratum.

HISTOGENÈSE SEXUELLE. — *Glandes annexes mâles de l'appareil génital de la Souris et du Mulot de sexe femelle. Considérations sur le rôle probable d'une hormone androgène dans leur développement.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'existence d'ébauches prostatiques très fréquentes chez les Souris (*Mus musculus*) femelles normales de la lignée XVII a été signalée précédemment [1]; le degré de développement de ces bourgeons prostatiques est toujours faible chez les nouveau-nés (20 à 100^{μ}); leur taille et leur nombre varient d'un individu à l'autre; quand ils sont peu nombreux (2 à 4) ils occu-

---

(1) A. Raynaud *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 230.

pent sur l'urètre, une position ventrale ou ventro-latérale; quand leur nombre est plus élevé (une dizaine environ), il en existe, aussi, sur les faces latérales et dorsale de l'urètre. Il existe, en général, chez les souris femelles nouveau-nées normales, de courtes ébauches (50 à 120$^{\mu}$) de glandes de Cowper; quelques femelles en sont dépourvues, tandis que d'autres possèdent des ébauches bien développées (200 à 400$^{\mu}$).

Les Mulots (*Apodemus sylvaticus*) femelles normaux possèdent, tous, deux lobes prostatiques; les ébauches de ces glandes sont toujours représentées chez les fœtus à terme, par deux longs (400 à 450$^{\mu}$) bourgeons provenant toujours des bords ventro-latéraux de l'urètre ([2]). 10 % des mulots ♀ adultes possèdent à la fois 2 lobes prostatiques et 2 glandes de Cowper ([3]).

Discussion. — Est-il possible d'interpréter ces différents états de masculinisation, existant à l'état spontané, chez ces Rongeurs femelles? J'ai admis en 1938 [voir ([4]) page 341], que les diverses anomalies intersexuelles rencontrées *à l'état naturel* chez divers Mammifères femelles, résultent de l'action d'une hormone masculinisante chez les fœtus femelles; j'ai appliqué ensuite cette conception au cas des mulots ♀ ([2]), puis je l'ai généralisée ([1]). Deux constatations récentes permettent actuellement de préciser cette hypothèse :

a. Les expériences de castration des embryons mâles de divers Mammifères, réalisées par différents auteurs, montrent le rôle prépondérant du moment et de la durée d'action de l'hormone testiculaire dans la masculinisation du fœtus mâle. Cela, et d'autres observations ([5]), conduit à envisager, qu'à l'état spontané, le développement des glandes de Cowper des fœtus femelles doit résulter de l'action d'une hormone masculinisante (vraisemblablement sécrétée par l'ovaire embryonnaire) ayant eu lieu chez le fœtus à un stade relativement précoce. Si cette action hormonale est temporaire et limitée à ce stade (début du 14e jour chez les fœtus de Souris, par exemple), les glandes prostatiques ne doivent pas se développer. Ainsi, peut s'interpréter le cas des femelles, présentant, à l'état spontané, des glandes de Cowper, mais pas de glandes prostatiques. Au contraire, si l'action hormonale se poursuit (ou se renouvelle à un stade ultérieur déterminé), les glandes prostatiques doivent se développer. En outre, les variations de concentration de l'hormone, chez les différents fœtus, peuvent rendre compte du degré de développement différent des ébauches, chez diverses femelles (nombre et position des bourgeons prostatiques, par exemple).

b. Chez les fœtus femelles de Mulot, les bourgeons prostatiques s'allongent (jusqu'à 450$^{\mu}$) sans que, en général, l'ébauche présente des glandes de Cowper soit stimulée ([3]). Il semble aujourd'hui vraisemblable d'admettre qu'une seule hormone, androgène, probablement sécrétée par l'ovaire embryonnaire, intervient dans l'histogenèse des diverses glandes annexes mâles de ces fœtus femelles; le fait qu'elle ne stimule pas, en général, les ébauches des glandes de Cowper, est sans doute dû à ce que, au stade où se développent les bourgeons prostatiques, les ébauches des glandes de Cowper (formées antérieurement) sont déjà

([2]) A. Raynaud, *Annales d'Endocrinologie*, 3, 1942, p. 216.
([3]) A. Raynaud, *Bull. Biol. France et Belgique*, 80, 1946, p. 1.
([4]) A. Raynaud, *Bull. Biol. France et Belgique*, 72, 1938, p. 297.
([5]) A. Raynaud, et M. Frilley, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 422.

devenues moins sensibles à l'hormone [6]. C'est probablement à de petites différences dans le moment d'action de l'hormone masculinisante présumée, chez les fœtus femelles, qu'est dû le fait que certaines parties du tractus génital sont masculinisées, tandis que d'autres restent normales. Il faut tenir compte également de ceci que, dans ces cas, l'hormone masculinisante ne doit être libérée, chez le fœtus, qu'à une concentration faible.

Ces nouvelles considérations, qui vont être soumises à l'épreuve expérimentale, permettent de lever la principale difficulté (masculinisation élective) à laquelle se heurtait [*voir* [3], p. 23] l'interprétation générale des divers types de structure masculine du tractus génital, rencontrés, à l'état spontané, chez les femelles des différentes espèces de Mammifères, interprétation basée sur l'existence probable d'une hormone masculinisante (androgène) chez ces fœtus femelles. Agissant à des stades différents, à des concentrations différentes, et pendant des durées différentes, l'hormone androgène présumée doit pouvoir modeler dans le sens mâle, de façon très diverse, le tractus génital des divers fœtus femelles de Mammifères et produire ainsi toute la série des divers cas de masculinisation (développement d'une ou de plusieurs glandes annexes mâles, avec ou sans masculinisation des gonoductes, avec ou sans masculinisation du sinus uro-génital, avec ou sans masculinisation des organes génitaux externes) rencontrés, à l'état spontané, chez les femelles, dans les différents ordres de Mammifères.

BIOLOGIE. — *L'activité phosphatasique dans le tractus génital des Mammifères. — I. Localisation chez le Rat mâle et modifications expérimentales.* Note (*) de MM. **André Soulairac** et **Charles Thibault**, présentée par M. Robert Courrier.

Les travaux de Mann [1] ont montré que le sperme contient du fructose, ce sucre étant métabolisé par le spermatozoïde selon une chaîne de réactions

(6) Cette différence de sensibilité de ces ébauches n'est sans doute pas inhérente aux deux types d'ébauches, à l'origine; elle est sans doute due à une différence dans l'âge et l'état des ébauches, à ce stade. A une concentration donnée, l'action stimulante de l'hormone androgène sur une ébauche donnée, doit être d'autant plus intense qu'elle s'exerce plus près du moment exact où elle doit normalement agir pour faire développer le bourgeon épithélial de l'ébauche (c'est-à-dire à un stade un peu antérieur à celui où le bourgeon commence à apparaître). Chez 90 % des fœtus femelles normaux de Mulot, il doit y avoir, à un stade précoce, libération d'une petite quantité d'hormone masculinisante qui fait développer des ébauches rudimentaires de glandes de Cowper; puis, à un stade ultérieur, une autre libération plus importante d'hormone masculinisante (androgène), qui provoque un développement important des bourgeons prostatiques. Chez 10 % des fœtus femelles normaux de Mulot, la première stimulation androgène doit être plus intense, puis se poursuivre, pour faire développer, à un degré important, successivement les ébauches des glandes de Cowper, puis les ébauches prostatiques.

(*) Séance du 2 août 1948.

(1) *Bioch. J.*, 40, 1946, p. 481-491.

qui aboutissent à l'acide lactique. Ces travaux ont précisé des recherches antérieures de Bernstein ([2]) qui ont mis en évidence la présence de sucre à la fois dans le liquide séminal et dans le spermatozoïde.

Moore et Mayer ([3]), Mann ont constaté que le sperme se charge de sucre au cours de son passage dans le tractus génital; le sperme prélevé dans l'épididyme n'en contient pratiquement pas. Comme il semble que toute mobilisation de glucides à travers une paroi cellulaire nécessite un processus phosphocatalytique, nous avons recherché histochimiquement ([4]) la présence de la phosphatase alcaline dans les différentes parties du tractus génital du Rat.

Le tableau ci-dessous résume nos constatations :

Testicule	Absence
Epididyme tête	»
» queue	»
Canal déférent	Présence
Vésicule séminale	»
Prostate	»
Glande de Cowper	»

Signalons les points suivants : 1° l'activité phosphatasique se localise principalement dans le noyau de la cellule intéressée;

2° dans le canal déférent, c'est là couche cellulaire profonde qui possède l'activité phosphatasique;

3° dans la vésicule séminale et la prostate, où l'épithélium ne comporte qu'une seule assise cellulaire, l'activité phosphatasique se manifeste à la fois dans le noyau et dans la partie interne de la cellule, mais jamais au niveau de la lumière.

Cette disposition topographique met en évidence que cette phosphatase doit jouer un rôle dans le passage du glucide du milieu intérieur vers le liquide séminal.

Cette répartition de l'activité phosphatasique dans le tractus génital montre une localisation exclusive de l'enzyme dans les glandes annexes. Il nous a paru intéressant d'étudier l'action de l'hormone testiculaire sur cette répartition.

La castration bilatérale fait disparaître totalement la phosphatase alcaline. Dans les noyaux, comme au niveau de la paroi interne des cellules, il ne subsiste aucune trace d'activité enzymatique.

L'implantation intra-musculaire de cristaux de propionate de testostérone purissime (5^{mg}) à des animaux castrés depuis 20 jours rétablit une activité

([2]) *Trans. vet. Path.* (*Orenburgvet. Inst.*, 1933, n° 1); *Anim. Breed. Abstr.*, 3, 1925, p. 478.

([3]) *Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Sta.*, n° 338, 1941.

([4]) Technique de Gomori, 1941.

phosphatasique dans les glandes annexes, aussi intense que celle de l'animal normal.

On peut donc admettre que le passage des glucides du sang dans le sperme se fait grâce à des processus de phosphorylation, et que ces derniers sont sous la dépendance de la testostérone.

Il faut rapprocher de ces faits les constatations de Mann et Parsons (5) montrant que l'existence du fructose dans le sperme est également sous la dépendance de l'hormone testiculaire.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la tuberculination intra-cutanée chez les Équidés apparemment indemmes de tuberculose.* Note (*) de MM. **Marcel Illartein**, **Paul Saurat** et **Jean Verge**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Certains auteurs étrangers : Magnusson, Holth, Sténius et Plum ont très heureusement souligné, en ces dernières années, le paradoxe, voire l'opposition qui existe entre, d'une part, la rareté de la tuberculose équine dans les grands abattoirs hippophagiques du monde entier et, d'autre part, la fréquence des réponses positives des Solipèdes apparemment sains à l'épreuve tuberculinique.

A Paris, les statistiques des abattoirs de Brancion, relevées de 1936 à 1946, permettent de constater que le taux de tuberculose équine atteint l'infime proportion de 0,0132 %, c'est pourquoi il nous a paru intéressant de rechercher si, chez les Équidés de France, les épreuves allergiques à la tuberculine se révèlent aussi souvent positives que l'ont rapporté les auteurs scandinaves.

Tous nos animaux ont reçu, simultanément, la classique inoculation *intradermique* de tuberculine bovine et de tuberculine aviaire au niveau des faces opposées de l'encolure. La réaction était considérée comme positive lorsque, à la 72e heure, l'épaississement cutané au point d'insertion du liquide égalait ou dépassait 3mm,5.

273 Solipèdes ont été interrogés, se répartissant en différentes catégories : 182 appartenaient à l'Armée française d'occupation en Allemagne (15 chevaux barbes, 69 chevaux de selles 30 chevaux de trait et 68 mulets) ;

51 étaient hospitalisés pour différentes affections non tuberculeuses à l'École Vétérinaire d'Alfort (46 chevaux et 5 ânes);

40 chevaux enfin étaient utilisés pour la préparation de sérums thérapeutiques.

Il est nécessaire de souligner qu'aucun de ces animaux ne présentait de signes cliniques de tuberculose.

---

(5) *Nature*, 160, 1947, p. 294.

(*) Séance du 9 août 1948.

ciation de amen.	Nombre et provenance des Équidés sollicités.	Nombre d'Équidés réagissant à la tuberculine bovine seule.	à la tuberculine aviaire seule.	simultanément aux deux tuberculines.	Pourcentage des réactions à la tuberculine bovine (%).	à la tuberculine aviaire (%).
-dermo-ction nple $3^{mm},5$	182 Armée française d'occupation	13	22	10	12,6	17,8
	51 École d'Alfort	1	6	1	3,92	13,72
	40 Chevaux pour sérums thérapeutiques	0	12	3	7,5	37,5
otal général.....	273	14	40	14	10,26	19,78
dermo-ction onde $3^{mm},5$	40 Chevaux pour sérums thérapeutiques	2	15	16	45	77,5

L'appréciation des réactions chez les Équidés ainsi sollicités a permis d'enregistrer les résultats suivants : 28 sujets, soit 10,26 %, ont réagi positivement à la tuberculine bovine ; 54, soit 19,78 %, ont réagi positivement à la tuberculine aviaire.

Le détail des observations est condensé dans le tableau ci-dessus.

Nos conclusions seront les suivantes :

I. La tuberculination intradermique, effectuée simultanément chez 273 chevaux, ânes et mulets *cliniquement indemnes de tuberculose* au moyen des tuberculines d'origine bovine et aviaire, montre que 28 sujets, soit 10,26 %, réagissent à la tuberculine bovine, tandis que 54, soit 19,78 %, réagissent à la tuberculine aviaire.

II. Les recherches effectuées en Scandinavie et en France prouvent que, dans ces conditions, on ne peut guère à l'heure actuelle attacher de valeur à l'épreuve tuberculinique chez les Équidés.

III. L'interprétation des résultats doit se faire ainsi : un résultat négatif permet d'éliminer l'infection bacillaire, un résultat positif ne signifie nullement que l'animal réagissant est atteint de tuberculose.

IV. Les essais réalisés posent un grand problème de pathologie générale : quelle est l'origine de l'allergie présentée par de nombreux Solipèdes à l'égard de la tuberculine ?

S'agit-il de lésions occultes déclenchées par des bacilles tuberculeux plus ou moins dégradés dans leur virulence ? Ne peut-on même évoquer, à ce propos, l'existence de bacilles de Koch revenus presque entièrement au saprophytisme et doués cependant de qualités sensibilisantes ?

Faut-il se demander, au contraire, pourquoi un certain nombre de réactions semblent répondre à autre chose qu'à la présence de bacilles tuberculeux et incriminer des bacilles acido-résistants, pathogènes ou non, qui se comporteraient comme des substances allergisantes, grâce à une certaine communauté d'antigènes avec le bacille tuberculeux ? Ces germes déclencheraient ainsi, lors de l'épreuve révélatrice, des phénomènes d'allergie non spécifiques ?

V. Des recherches nouvelles apparaissent nécessaires pour apporter à ces problèmes des solutions à la fois neuves et satisfaisantes.

La séance est levée à 15^h25^m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1948.

Association française pour l'étude du sol. Comptes rendus de la *Conférence de pédologie méditerranéenne*. Alger-Montpellier, 1er-20 mai 1947; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. A. Demolon).

Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire de cryptogamie. *Catalogues des collections vivantes, Herbiers et Documents*. I. *L'algothèque*, publié par Roger Heim et Pierre Bourrelly. Paris, 1948; 1 fasc. 22^{cm} (présenté par M. R. Heim).

Mémorial des sciences physiques. Fasc. I. — *La convection forcée de la chaleur. Fluide s'écoulant normalement à un cylindre*, par Gustave Ribaud et Edmond Brun. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 fasc. $25^{cm},5$.

Pflanzliche Infektionslehre. Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenpathologie für Biologen, Landwirte, Förster und Pflanzenzüchter, von Ernst Gäumann. Basel, Verlag Birkhäuser, 1946; 1 vol. $24^{cm},5$ (présenté par M. R. Heim).

Mouvement des projectiles autour de son centre de gravité. — Sur le mouvement gyroscopique. — Mouvement pendulaire des projectiles. Dérivation, par Godofredo García. Lima, 1940; 1 vol. 25^{cm}.

Sur la formule de Stokes dans la théorie de la gravité, par Godofredo García et Alfred Rosenblatt. Extrait de *Revista de cienciás*, nº 429, año XLI. Lima, 1 fasc. 25^{cm}.

El problema de los tres cuerpos, par Godofredo García. Extrait de *Revista de cienciás*, nº 440, Año XLIX. Lima, 1 fasc. 25^{cm}.

Sobre la regularización del problema plano de los tres cuerpos, par Godofredo García. Extrait de *Revista de cienciás*, nos 443-444. Año XIL. Lima, 1 fasc. 25^{cm}.

Forma cardinal canonica de las ecuaciones del movimiento de los tres cuerpos interviniendo ademãs de la attracción universal fuerzas disipativas y fuerzas giroscopicas, par Godofredo García. — *Ecuaciones cardinales y escalares mas generales de la dinámica de los cuerpos con movimientos internos*. Extrait de *Actas de la Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales de Lima*. Año IX. Volumen XI. Fasciculo I. Lima, 1946, 2 fasc. 25^{cm}.

Annali di geofisica. Rivista dell' Istituto nazionale di geofisica. Diretta da Antonino Lo Surdo. Vol. I, nos 1 et 2. Roma, 1948. 2 vol. 25^{cm}.

Matematische Nachrichten. Publikationen des forschungsinstituts für mathematik der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin und der Matematischen Institute der Universität Berlin, par ERHARD SCHMIDT, GEORG HAMEL, HELMUT HASSE, H. L. SCHMID, KURT SCHRÖDER. Heft I. Berlin, 1948; 1 fasc. 25cm,5.

Académie royale de Belgique. Tomes XXII^{A} et XXII^{B}. *Mémoires. Stérilité ou vieillissement et disparition des espèces végétales,* par ÉMILE DE WILDEMANN. Bruxelles, Palais des Académies, 1948; 2 vol. 25cm,5.

Détermination microscopique des minéraux des sables, par SOLANGE DUPLAIX. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1948; 1 vol. 24cm,5.

The Use of Stainless Steel in the Chemical and Food-Processing Industries, by J. A. MC WILLIAM. Published by MUREX Ltd. Vol. I. N° 1. Rainham, 1948; 1 fasc. 21cm,5.

La vie des abeilles solitaires, par ROBERT HARDOUIN, in *Histoires naturelles.* Paris, Gallimard, 1948; 1 vol. 19cm.

Gouvernement général de l'A. O. F. Institut français d'Afrique noire. *Conseils aux chercheurs.* Dakar, I. F. A. N., 1948; 1 brochure 15cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique, exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe session, Bruxelles, 1922), dressée et publiée par le BUREAU D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES COLONIALES, à l'échelle de 1/5.000.000. Feuille n° 2; 1 pl. 97cm,5 × 76cm,5.

Encyclopédie biogéographique et écologique. IV. *Ecologie* (Phanérogames. Mousses. Lichens). *De quelques sites de Paris,* par MAURICE BOULY DE LESDAIN. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 fasc. 25cm.

Histoire et Société d'aujourd'hui. *L'homme, cet être unique. Essais,* par JULIAN HUXLEY. Traduction de JULES CASTIER. Neuchatel, Éditions de la Baconnière, 1947; 1 vol. 19cm.

Essais d'un biologiste, par JULIAN HUXLEY. Traduction de JULES CASTIER. Paris, Éditions Stock, 1946; 1 vol. 19cm.

Philosophie étrangère. *Nous, Européens,* par JULIAN HUXLEY, A. C. HADDON, A. M. CARR-SAUNDERS. Traduction de JULES CASTIER. Paris, Les éditions de minuit, 1947; 1 vol. 18cm,5.

Scientific Research and social Weeds, by JULIAN HUXLEY. London, Watts et C°, 1934; 1 vol. 20cm.

Évolution the modern Synthesis, by JULIAN HUXLEY. London, George Allen et Unwin Ltd; Fifth impression, 1948; 1 vol. 22cm.

Problems of relative growth, by JULIAN HUXLEY. London, Methuen et C° Ltd, 1932; 1 vol. 22cm,5.

Man in the modern Wordl, by JULIAN HUXLEY. London, Chatto et Windus, 1947; 1 vol. 21cm.

Évolution and ethics 1893-1943, by T. H. HUXLEY and JULIAN HUXLEY. London, The Pilot Press Ltd, 1947; 1 vol. 22cm.

Tva adventure in planning, by JULIAN HUXLEY. London, The architectural Press, 1946; 1 vol. 22cm.

On Living in a Revolution, by JULIAN HUXLEY. London, Chatto et Windus, 1944; 1 vol. 21cm,5.

Commentarii mathematica helvetici. — Sur une proposition de Mlle S. Piccard. Vol. XVIII. Fasc. IV, 1945-1946. — *Sur la congruence des ensembles de points et ses généralisations,* Vol. XIX. Fasc. III, 1946-1947, par WACLAW SIERPINSKI. Editi Societate mathematica helvetica in ædibus Orell füssli Turici, 2 fasc. 23cm.

Mathematica. Vol. XXIII, p. 60-64. *Sur quelques propriétés du nombre,* 2^{N}, p. 65-69. — *Sur un problème concernant les espèces métriques,* par WACLAW SIERPINSKI. Timisoara, Tipografia Romaneasca; 2 fasc. 24cm.

Sur deux conséquences d'un théorème de Hausdorff. — Sur les fonctions de plusieurs variables. — Sur les espaces (V) de M. Fréchet denses en soi. — Sur une suite transfinie d'ensembles de nombres naturels. — Sur la non-invariance topologique de la propriété λ'. — Sur un problème de la théorie générale des ensembles, par Waclaw Sierpinski. Six extraits de *Fundamenta mathematicæ*, T. XXIII, 1945; 6 fasc. 23cm,5.

Waclaw Sierpinski. — *Fundamenta Mathematicæ. — Sur le paradoxe de MM. Banach et Tarski. Sur le paradoxe de la sphère. — Sur un espace métrique séparable universel. Sur les espaces métriques universels.* Deux Extraits du tome XXIII, 1945. — *L'hypothèse généralisée du continu et l'axiome du choix. Sur un théorème de M. Tarski concernant les alephs. — Sur un ensemble plan qui se décompose en $2^{\aleph_0}$ ensembles disjoints superposables avec lui. — Deux théorèmes sur les familles de transformations. — Les correspondances multivoques et l'axiome du choix. — Sur l'implication $(2m \leq 2n) \rightarrow (m \leq n)$ pour les nombres cardinaux. — Sur l'inversion du théorème de Bolzano-Weierstrass généralisé. — Sur une proposition qui entraîne l'existence des ensembles non mesurables. Sur les images de classe 1 d'ensembles linéaires. — Démonstration de l'égalité $2^{\mathfrak{m}} - \mathfrak{m} = 2^{\mathfrak{m}}$ pour les nombres cardinaux transfinis. — Sur la différence de deux nombres cardinaux. — Sur un espace complet qui n'admet pas le théorème de Souslin. — Sur un problème concernant le crible de M. Lusin. — Un théorème sur les puissances des ensembles.* Six Extraits du tome XXXIV, 1946. — *Sur la division des types ordinaux.* Extrait du tome XXXV, 1948; Varsovie, 9 fasc. 24cm.

Pontificia Academia Scientiarum. *Acta.* Anno IV. Vol. IV, nos 25-26-27. — *Sur l'opération $\lim_{y=\infty} \Phi(x, y)$. — Sur une propriété des ensembles ordonnés. — Sur les bases dénombrables des familles de fonctions*, par Waclaw Sierpinski. Citta del Vaticano, 1940, 3 fasc. 24cm.

Sur un ensemble ordonné de puissance supérieure à celle du continu, par Waclaw Sierpinski; 1 feuille 24cm,5.

Sur une proposition équivalente à l'axiome du choix. Sur la non-existence des décompositions paradoxales d'ensembles linéaires, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Actas de la Academia nacional de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Lima.* Ano IX. Vol. XI. Fasc. I. Lima, 1946; 1 fasc. 25cm.

Sur les espaces métriques universels. — Sur un espace métrique séparable universel, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Atti della reale Academia delle Scienze di Torino.* Vol. LXXV, 1939-1940-XVIII; 2 fasc. 26cm.

Sur les types d'ordre de puissance du continu, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Revista de ciencias*, no 456. Año XLVIII. Lima, s. d.; 1 fasc. 25cm.

Sur une propriété des espaces métriques dénombrables, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Portugaliæ mathematica.* Vol. V. Fasc. IV, 1946; 1 feuille 24cm.

Sur un théorème de A. Lidenbaum, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Annals of mathematics.* Vol. XLVIII. No 3, 1947; 1 fasc. 25cm.

Remarque sur une hypothèse des Chinois concernant les nombres $(2^n - 2)/n$, par Waclaw Sierpinski. Extrait de *Colloquium mathematicum.* Vol. I. Fasc. I, 1947; 1 feuille 25cm.

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ANDRÉ DANJON** rend compte de la VII[e] Assemblée générale ordinaire de l'Union Astronomique Internationale, qui s'est tenue à Zürich du 11 au 18 août, sous la présidence de Sir Harold Spencer Jones, astronome royal d'Angleterre, correspondant de l'Académie. Une centaine de résolutions, préparées par les 35 Commissions de l'Union, ont été adoptées dans la dernière réunion plénière. Trois Commissions nouvelles (observations radioélectriques, histoire de l'Astronomie, étoiles doubles photométriques) ont été créées. La Commission de Mécanique céleste, dissoute lors d'une précédente session, a été reconstituée.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la raréfaction* R *et l'addition vectorielle des ensembles de mesure nulle*. Note de M. **ÉMILE BOREL**.

Dans une Note récente [1] j'ai défini, pour les ensembles de mesure nulle, une *raréfaction logarithmique* ρ qui permet de mettre sous une forme simple les conditions pour que la somme vectorielle de plusieurs ensembles soit de mesure nulle.

Un autre problème intéressant est l'étude des cas où la somme vectorielle d'ensembles de mesure nulle comprend tous les points d'un certain intervalle et ces points seulement. Pour étudier ce problème, il convient d'introduire une autre définition de la raréfaction, que nous appellerons *raréfaction* R, ou *raréfaction relative minimum*, pour la distinguer de la raréfaction ρ.

Nous nous bornerons, pour simplifier, aux ensembles E définis dans l'intervalle fondamental $0 - 1$ par une infinité dénombrable d'intervalles contigus, ou intervalles N, ces intervalles N étant denses sur toute portion de $0 - 1$, mais ne comprenant ni le point 0, ni le point 1 [2]. Nous pouvons

---

[1] *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 103.

[2] Il est très facile de supprimer ces restrictions en compliquant légèrement les énoncés et d'étendre ainsi les définitions et les résultats à tous les ensembles parfaits de mesure nulle.

toujours supposer que les intervalles N sont numérotés dans un ordre tel qu'ils soient décroissants (ou tout au moins non croissants). Si nous plaçons les n premiers intervalles N, et si nous les supposons enlevés, il subsiste, d'après nos hypothèses, $n+1$ intervalles que nous appellerons intervalles B. Soient, alors, a_n le plus petit des n intervalles N et b_n le plus petit des $n+1$ intervalles B; nous poserons

$$r_n = \frac{b_n}{b_n + a_n}$$

et la *raréfaction relative minimum* R sera, par définition, le plus grand nombre inférieur ou égal à tous les r_n.

Dans le mémoire cité dans ma Note [1], M. Marshall a démontré un résultat qui équivaut au suivant : si les raréfactions R et R′ de deux ensembles E et E′ sont toutes deux égales ou supérieures à 1/2, la somme vectorielle de ces deux ensembles *comprend tous les points de l'intervalle* 0 — 2. J'ai généralisé ce résultat en démontrant qu'*il suffit que la somme* R + R′ *soit supérieure ou égale à* 1 *pour que l'on arrive à la même conclusion.*

Plus généralement, la raréfaction R de la somme vectorielle de deux ensembles est au moins égale à la somme des raréfactions R_1 et R_2 de ces deux ensembles.

Pour que la somme vectorielle de k ensembles E comprenne tous les points de l'intervalle $0 - k$, il suffit donc que la somme des raréfactions R de ces ensembles soit supérieure ou égale à 1.

La démonstration de ces théorèmes est d'ailleurs fort simple; elle s'appuie sur la remarque suivante. Étant donnés deux intervalles A et B de longueurs a et b, si l'on supprime dans l'intervalle B un intervalle C de longueur c ne contenant aucune extrémité de B et que l'on désigne par B′ l'ensemble des points de B n'appartenant pas à C, la somme vectorielle A + B′ est identique à la somme vectorielle A + B, si c est égal ou inférieur à a. Si c est supérieur à a, il faut, pour obtenir A + B′, enlever de A + B un intervalle dont la longueur est $c - a$.

Il convient, pour la démonstration, de procéder de proche en proche en plaçant les intervalles N et N′ dans E et E′ dans un ordre déterminé; si les raréfactions R et R′ sont égales, cet ordre est simplement décroissant (non croissant); si les raréfactions sont inégales, il faut avant de ranger les intervalles par ordre décroissant : si la somme R + R′ des raréfactions est inférieure à un, diviser les intervalles de E par 1 — R et ceux de E′ par 1 — R′; si cette somme est supérieure à un, multiplier les intervalles de E par 1 — R′ et ceux de E′ par R′.

Je développerai ultérieurement une généralisation plus compliquée où l'on utilise, au lieu de la raréfaction R, les courbes en escalier qui représentent r_n en fonction de a_n ou de b_n.

Lorsqu'un ensemble E est défini d'une manière concrète, il est souvent facile de calculer R.

Voici deux exemples élémentaires, l'un de deux ensembles, l'autre de trois ensembles dont la somme vectorielle est un ensemble continu.

1° Fractions décimales n'utilisant pas les chiffres 4 et 5 et fractions dans le système de base 4 n'utilisant pas les chiffres 1 et 2.

2° Fractions n'utilisant pas 1 et 2 dans le système de base 4, fractions n'utilisant pas 2, 3, 4, 5 dans le système de base 8, fractions n'utilisant pas 3, 4, 5, 6, 7, 8 dans le système de base 12.

On obtient dans 1° comme somme vectorielle tous les points de 0 — 2 et dans 2° tous les points de 0 — 3.

Observons, enfin, pour terminer que, si la raréfaction R d'un ensemble E est différente de zéro, il existe un entier n tel qu'elle est supérieure à $1/n$. On peut donc affirmer que la somme vectorielle de n ensembles égaux à E est un intervalle continu. Ainsi, pour qu'il n'existe pas d'entier n tel que la somme vectorielle de n ensembles égaux à E soit un ensemble continu, il est *nécessaire* que la raréfaction R de E soit nulle. Mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Sur le calcul de deux vérifications de la théorie.* Note de M. **Jean Chazy**.

La théorie de la Relativité généralisée comporte trois vérifications fondamentales : elle explique l'avance du périhélie de la planète Mercure par rapport à la théorie newtonienne ([1]); elle a prévu la courbure des rayons lumineux au voisinage du Soleil, et le déplacement des raies spectrales dans un champ de gravitation. Je veux faire, sur les deux premières vérifications, plusieurs remarques destinées à simplifier les calculs courants.

La loi de gravitation de la théorie de la Relativité est exprimée, si l'on veut, par un système de dix équations aux dérivées partielles du second ordre à

(1) D'ailleurs les théories planétaires précises font état aussi de l'avance dans la théorie de la Relativité, par rapport à la théorie newtonienne, du périhélie de la Terre, avance moindre que celle du périhélie de Mercure, soit 3″,83 en un siècle au lieu de 43″ (*cf.* de Sitter, *Bulletin of the astronomical Institutes of the Netherlands*, 8, 1938, p. 228-229, article posthume complété par Dirk Brouwer et Clemence, *The astronomical Journal*, 53, 1948, p. 178). Et ces mêmes théories font état encore d'une autre conséquence de la théorie de la Relativité, savoir, dans le calcul de la précession générale, la *précession géodésique*, égale à la moitié de l'avance du périhélie de la Terre, soit 1″,92 en un siècle (*loc. cit.*, p. 216 et 223, et p. 170 et 177). Cette conséquence a été obtenue d'abord par de Sitter à partir des équations différentielles approchées du problème des n corps qu'il a formées dans la théorie de la Relativité, et elle peut être déduite assez directement de la notion de déplacement parallèle dans l'Univers (*voir* par exemple Chazy, *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, 2, 1930, p. 193-202).

quatre variables indépendantes; et, dans un champ sphérique et statique, ces dix équations admettent une solution rigoureuse et simple, constituée par le ds^2 de Schwarzschild

$$(1)\qquad ds^2=\left(V^2-\frac{2\mu}{r}\right)dt^2-\frac{dr^2}{1-\frac{2\mu}{V^2 r}}-r^2(d\theta^2+\cos^2\theta\, d\varphi^2).$$

Les variables r, θ, φ ont des propriétés extrêmement voisines des propriétés du rayon vecteur classique compté à partir du centre de la masse sphérique considérée, et de la latitude et la longitude classiques; ici nous n'en ferons pas la distinction. De même la variable t est extrêmement voisine du temps de la conception classique, et d'ailleurs est éliminée dans ce qui suit. Dans la formule (1) V et μ sont deux constantes, égales, la première à la vitesse de la lumière, et la seconde au coefficient képlérien de la masse sphérique considérée, coefficient figurant dans l'expression de l'attraction newtonienne, μ/r^2 par unité de masse attirée. Il s'agit d'ailleurs, par rapport à la théorie classique, de corrections extrêmement petites, et il est équivalent de remplacer la solution rigoureuse (1) des dix équations d'Einstein par différentes solutions approchées de ces équations.

1. En premier lieu les mouvements d'une masse infiniment petite dans le champ considéré sont définis ([2]) par les géodésiques du ds^2 (1) le long desquelles ce ds^2 est positif. Il en résulte que ces mouvements sont plans et, dans leur plan, sont définis par une équation différentielle du premier ordre entre les coordonnées polaires r et θ, soit, si l'on pose $(1/r)=u$,

$$(2)\qquad \left(\frac{du}{d\theta}\right)^2=\frac{2\mu}{V^2}u^3-u^2+\frac{2\mu}{C^2}u+K=P(u),$$

C et K désignant deux constantes d'intégration, dont la première est la constante des aires d'un mouvement newtonien approché.

Dans les mouvements définis par l'équation (2), et pouvant servir de représentations aux mouvements planétaires, la distance r oscille entre deux limites fixes, de l'ordre des distances des planètes au Soleil, limites que nous désignons par $a(1-e)$ et $a(1+e)$: les deux constantes a, positive, et e, comprise entre zéro et 1, équivalent aux deux constantes C et K. Le polynome $P(u)$ admet pour racines les deux quantités inverses $\alpha=[1/a(1+e)]$ et $\beta=[1/a(1-e)]$, et admet une troisième racine, soit $\gamma=(V^2/2\mu)-\alpha-\beta$, positive et très grande.

L'avance du périhélie à chaque révolution est donnée par la formule

$$\delta\varpi=-2\pi+2\int_\alpha^\beta\frac{du}{\sqrt{P(u)}}=-2\pi+2\int_\alpha^\beta\frac{du}{\sqrt{\frac{2\mu}{V^2}(u-\alpha)(\beta-u)(\gamma-u)}}.$$

([2]) *Id.*, 1, 1928, p. 61-77.

L'intégrale obtenue est elliptique, et la fonction $u(\theta)$ se ramène immédiatement à la fonction p de Weierstrass. Mais un calcul rigoureux est inutile, il suffit de former le premier terme d'une série : dans le développement de $\delta\varpi$ suivant les puissances de la quantité μ/V^2a, de dimensions nulles, et de l'ordre de $1/10^7$ au plus, il suffit de former le terme de degré 1, car le terme constant, correspondant au cas où le polynome $P(u)$ est de degré 2, et au mouvement newtonien, est nul. Une circonstance analogue se présente notamment en Mécanique classique, dans le calcul approché de l'effet gyroscopique et de l'angle de nutation en fonction du temps.

Par le changement de variable $u = \alpha\cos^2(\omega/2) + \beta\sin^2(\omega/2)$, on obtient successivement

$$\gamma - u = \frac{V^2}{2\mu} - \alpha - \beta - \frac{\alpha+\beta}{2} + \frac{\beta-\alpha}{2}\cos\omega,$$

$$\delta\varpi = -2\pi + 2\int_0^\pi \left[1 - \frac{3\mu}{V^2}(\alpha+\beta) + \frac{\mu}{V^2}(\beta-\alpha)\cos\omega\right]^{-\frac{1}{2}} d\omega = \frac{3\pi\mu}{V^2}(\alpha+\beta) = \frac{6\pi\mu}{V^2a(1-e^2)},$$

valeur bien connue. Le calcul présente ceci de général que, si l'on applique la formule de la moyenne à l'intégrale et à l'approximation considérées, soit

$$\left[\frac{2\mu}{V^2}(\gamma - u_m)\right]^{-\frac{1}{2}} \times \int_\alpha^\beta \frac{du}{\sqrt{(u-\alpha)(\beta-u)}},$$

la valeur intermédiaire u_m est la moyenne arithmétique $(\alpha+\beta)/2$ des valeurs extrêmes de l'intervalle.

2. En second lieu, dans le champ de gravitation considéré, les mouvements de la lumière sont définis ([3]) par les géodésiques du ds^2 de Schwarzschild (1) le long desquelles ce ds^2 est nul. Ces nouvelles géodésiques peuvent être déduites des précédentes; les trajectoires correspondantes, c'est-à-dire les rayons lumineux, sont, de même, plans, et dans leur plan sont définis par l'équation différentielle (2), où l'on a rendu infinie la constante C, et qui dépend ainsi d'une seule constante arbitraire

$$\left(\frac{du}{d\theta}\right)^2 = \frac{2\mu}{V^2}u^3 - u^2 + K = P_0(u).$$

Dans le champ du Soleil, pour un rayon lumineux tangent au globe solaire, et sur lequel le minimum de la distance r est le rayon du Soleil R, le polynome $P_0(u)$ admet la racine $u = 1/R$, ce qui détermine la constante K; et il admet en outre une racine négative voisine de $-1/R$, et une racine positive très grande. La déviation du rayon lumineux, c'est-à-dire l'angle de

([3]) *Id.*, p. 233-244.

ses deux asymptotes qui ne le contient pas, est donnée par la formule

$$\Delta = -\pi + 2\int_0^{\frac{1}{R}} \frac{du}{\sqrt{P_0(u)}} = -\pi + 2\int_0^{\frac{1}{R}} \frac{du}{\sqrt{\frac{1}{R^2} - u^2 - \frac{2\mu}{V^2}\left(\frac{1}{R^3} - u^3\right)}};$$

l'intervalle d'intégration est une fraction de l'intervalle compris entre la racine négative et la racine $1/R$. Pour calculer la dernière intégrale, faisons le changement de variable $u = \cos\omega/R$: la déviation devient

$$\begin{aligned}\Delta &= -\pi + 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\omega}{\sqrt{1 - \frac{2\mu}{V^2R}\,\frac{1+\cos\omega+\cos^2\omega}{1+\cos\omega}}}\\ &= -\pi + 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[1 + \frac{\mu}{V^2R}\left(\frac{1}{2\cos^2\frac{\omega}{2}} + \cos\omega\right)\right] d\omega\\ &= \frac{2\mu}{V^2R}\left(\operatorname{tg}\frac{\omega}{2} + \sin\omega\right)_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{4\mu}{V^2R},\end{aligned}$$

valeur connue, et puisque la quantité de dimensions nulles $2\mu/V^2R$ est inférieure à $1/2.10^5$.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'atténuation de la virulence et sur l'épuration bactérienne du virus de la vaccine par l'action simultanée du formol et de la température. Conséquences.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Au cours de ces dernières années, on a signalé en France comme dans divers pays étrangers une recrudescence inquiétante des complications de la vaccination Jennerienne et en particulier de l'encéphalite post-vaccinale, de la vaccine généralisée, des réactions générales et locales, etc. Pour de nombreux auteurs comme pour nous-mêmes, cette recrudescence est, pour une grande part, la conséquence d'un accroissement de la virulence du virus Jennerien (1).

(1) Jenner avait prévu cet accroissement de la virulence : « Je suis, disait-il, tourmenté à l'idée que le virus de la vaccine peut changer de force de vacciné en vacciné ». A l'origine la vaccination était, en effet, pratiquée d'homme à homme. Depuis longtemps le vaccin est préparé chez la génisse. Rien de surprenant à ce qu'il se produise par passages successifs chez cet animal, une exagération de la virulence du virus Jennerien. C'est là un phénomène bien connu en microbiologie. Pasteur lui-même, après avoir déclaré qu'il est impossible de faire revenir à la virulence, la bactéridie charbonneuse atténuée et transformée en virus-vaccin par son procédé, dut reconnaître sous la pression des faits, que contrairement à ce qu'il avait annoncé les virus-vaccins ne sont ni fixes ni immuables dans leurs propriétés; tout le premier il montra que l'on peut obtenir le retour du virus-vaccin charbonneux à la virulence primitive en l'inoculant successivement à des cobayes de plus en plus âgés, en commençant par des nouveau-nés d'un jour.

Prenant comme point de départ, nos travaux antérieurs (1942) dans le même domaine ([2]) et dans d'autres ([3]), nous avons entrepris, dernièrement, de nouvelles recherches sur l'action simultanée du formol et de la température sur le vaccin antivariolique. Nous visions ainsi un triple but :

1° atténuer ou même abolir la virulence du virus de la vaccine sans nuire à ses qualités immunisantes; 2° épurer, bactériologiquement parlant, ce virus, en le débarrassant rapidement et dans la plus large mesure possible des germes microbiens qui le souillent et qui risquent tantôt de l'exalter et tantôt de l'altérer ([4]); 3° obtenir finalement un vaccin stabilisé dans son innocuité et dans son efficacité.

Cependant Nélis et Lafontaine, se basant, eux aussi, sur nos premiers travaux de 1942, ont, de leur côté, effectué récemment divers essais qu'ils viennent de relater. Tout en confirmant les principaux résultats acquis lors de ces travaux, ils établissent que le formol à très faibles concentrations permet, en atténuant le virus vaccinal sans lui enlever ses propriétés vaccinogènes, de supprimer ou du moins de diminuer fortement le pouvoir « encéphalitogène » des souches de ce virus qui en sont pourvues; ils indiquent, en outre, qu'à ces mêmes concentrations, le formol a une action faible ou nulle sur les germes microbiens adventices ([5]).

Dans la présente Note, nous exposerons très brièvement nos nouvelles recherches. Voici, par exemple, l'une de nos expériences :

On se sert de pulpe vaccinale brute, non diluée, telle qu'elle est recueillie chez la génisse ([6]). Six heures après la récolte, cette pulpe est broyée, puis mise à macérer dans l'eau physiologique à raison de 16^{g} de pulpe dans 30^{cm^3} d'eau. Après 24 heures de séjour au frigidaire (+ 4°), la macération est passée sur étamine à fines mailles. A partir du liquide de macération ainsi obtenu, on prépare différents lots : le lot n° 2 est composé de 2^{cm^3} de liquide vaccinal additionné de 8^{cm^3} d'un mélange àâ de glycérine et d'eau physiologique; les n°s 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 sont tous constitués à l'origine par 2^{cm^3} de liquide vaccinal formolé à 0,05 pour 100^{cm^3} de liquide. Chacun de ces lots est soumis à l'action de la t^{o} à un degré variable et durant un temps variable : les n°s 2 et 3 sont mis immédiatement au

---

([2]) G. Ramon, H. Bénard, P. Boquet, R. Richou, Mlles Tissier et Ratner, *Bull. Acad. de Méd.*, **126**, 1942, p. 314.

([3]) Voir nos publications sur les anatoxines, les vaccins anatoxiques et anavirulents, spécialement G. Ramon, *La Presse Médicale*, n° 1, 1947, p. 1; *Bull. Acad. de Méd.*, **130**, 1946, p. 525. Voir également nos travaux sur la stabilisation par le formol, des solutions d'antibiotiques, G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 772; **223**, 1946, p. 368; **224**, 1947, p. 429.

([4]) Certains auteurs prétendent que des microbes pathogènes, comme les germes pyogènes que l'on rencontre fréquemment dans la pulpe vaccinale, sont capables d'accroître le pouvoir infectieux du virus Jennerien; d'autre part, nous avons nous-mêmes montré (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 344) que certains germes banaux, comme le *B. subtilis*, que l'on trouve également dans la pulpe vaccinale, ou les principes qu'ils élaborent, peuvent altérer, détruire même, le virus de la vaccine.

([5]) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. de Biol.*, séance du 24 avril 1948 (sous presse); *Revue d'Immunologie*, **12**, 1948 (sous presse).

([6]) Cette pulpe nous a été obligeamment fournie par MM. H. Bénard et Fasquelle, de l'Institut de vaccine.

frigidaire; le n° 4 est laissé 24 heures à 20°; le n° 5, 6 heures à 26°; le n° 6, 6 heures à 37°; le n° 8, 3 heures à 26°; le n° 9, 3 heures à 37°; le n° 10, 16 heures à 20°. Ces différents lots sont ensuite additionnés de 8^{cm^3} d'un mélange, ââ, de glycérine et d'eau physiologique pour les lots n°s 4, 5 et 6, et de 8^{cm^3} d'un mélange composé de 70^{cm^3} de glycérine et de 30^{cm^3} de solution phosphatée (pH 8), après quoi les n°s 4, 5, 6, 8, 9 sont mis au frigidaire, le n° 10 étant gardé à la t^0 ordinaire (20°). L'addition de glycérine, après l'action initiale du formol et de la t^0, a pour objet de diminuer, dans de notables proportions, la concentration du formol et de l'empêcher de continuer à agir sur le virus vaccinal. Par ailleurs, la glycérine substitue peu à peu son effet bactéricide à celui du formol désormais trop dilué pour agir seul, d'une façon efficace, sur les germes de souillure.

Chaque jour, et pendant plusieurs jours, un prélèvement est fait dans chaque lot. On pratique, d'une part, la mesure de l'activité virulente du liquide vaccinal au moyen du procédé habituel (7), chez le Lapin, le liquide étant préalablement dilué au 1/300e et, d'autre part, la numération bactérienne, à l'aide de la technique usuelle, par ensemencement sur plaque de gélose en boîte de Pétri.

La place nous manquant pour exposer intégralement nos résultats, nous en citerons seulement quelques-uns parmi les plus caractéristiques. Alors que 6 jours après le début de l'expérience, le n° 2 (témoin non formolé), et le n° 3 (témoin formolé), provoquent, dilués au 1/300e, une éruption pustuleuse confluente chez le Lapin, le n° 6 (formolé et exposé 6 heures à 37°) ne donne que 2 pustules; le n° 8 (formolé et exposé 3 heures à 26°), 6 pustules; le n° 10 (formolé et exposé 16 heures à 20°), 10 pustules. En ce qui concerne le nombre de germes, le n° 2 renferme à l'origine plusieurs millions de microbes par centimètre cube; le n° 3, près d'un million; le n° 6, quelques centaines; le n° 8, plusieurs milliers; les n°s 9 et 10, à peine un millier. Les numérations effectuées après 1, 2, 4 jours, alors que la glycérine n'avait guère eu le temps d'agir, et que le formol seul était intervenu sur les germes, ont fourni des résultats identiques.

De cette expérience et d'autres semblables, il ressort, en bref, que le formol et la température agissent à la fois pour diminuer la virulence du virus vaccinal et pour le purifier bactériologiquement. En faisant varier la proportion d'aldéhyde formique, la température et la durée d'intervention de ces agents, on peut à volonté obtenir tous les degrés d'atténuation du virus de la vaccine et éliminer plus ou moins rapidement et plus ou moins complètement les microbes qui l'accompagnent.

Ces résultats et ceux antérieurement acquis qui nous avaient montré que le virus Jennerien entièrement inactivé dans sa virulence par le formol et la chaleur ménagée (anavirus) (8) conserve ses propriétés immunisantes (9), conduisent à l'idée de la préparation et de l'utilisation pour l'immunisation

---

(7) Voir *Bull. Acad. de Méd.*, **126**, 1942, p. 314.

(8) G. Ramon, R. Richou et P. Boquet, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 925.

(9) Importante du point de vue pratique, l'étude des anavirus et de leurs propriétés immunisantes est des plus intéressantes du point de vue théorique. Déjà en 1942, nous nous sommes livrés, de ce dernier point de vue, tant en ce qui concerne l'anavirus de la Vaccine que pour ce qui a trait à l'anavirus aphteuse (*Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 479; *Bullet. Acad. Vétér.*, **16**, 1943, p. 280). A la faveur de nos recherches actuelles, nous reprenons cette étude.

contre la variole d'un vaccin totalement *anavirulent* analogue aux vaccins contre le typhus exanthématique, la fièvre aphteuse, la peste bovine, etc., basés sur le même principe, le principe des anatoxines et des anavaccins [10]. C'est là le but ultime des recherches que nous poursuivons présentement.

En attendant et quoi qu'il en soit, l'emploi d'un *vaccin formolé* simplement atténué dans sa virulence et épuré bactériologiquement pourra permettre de réduire les risques de complications qu'est susceptible d'entraîner le vaccin actuellement en usage en France comme à l'étranger.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une connexion projective normale associée à un système de variétés à k dimensions.* Note (*) de M. **Yen Chih-Ta**, transmise par M. Élie Cartan.

Étant donné un système de ∞^n hypersurfaces dans l'espace numérique R^n, M. Hachtroudi [1] a montré qu'il existe une connexion projective définie de manière intrinsèque par rapport au système donné. D'après M. E. Cartan on l'appelle connexion normale. Dans cette Note je montre comment on peut définir une connexion projective normale associée à un système de variétés à k dimensions, où $1 \leqq k \leqq n-1$. Par hypothèse le système de variétés à k dimensions est formé dans R^n par les variétés intégrales d'un système *complètement intégrable* d'équations aux dérivées partielles du deuxième ordre tel qu'il existe une variété intégrale et une seule tangente à un élément de contact arbitraire à k dimensions. Parmi toutes les connexions projectives d'éléments à k dimensions par rapport auxquelles chaque variété du système donné est développable sur une variété linéaire à k dimensions de l'espace projectif ordinaire, la connexion normale se distingue des autres par certaines conditions invariantes. Puisque la connexion normale est uniquement déterminée, le problème d'équivalence locale de deux systèmes se réduit à celui de deux connexions projectives normales.

Nous emploierons toujours une *connexion projective d'éléments* à k dimensions, et nous supposerons que le repère attaché est le repère naturel. Alors une connexion est définie par les composantes ω_k^i du déplacement infinitésimal du repère. Les variables v^s dans ω_k^i sont les coordonnées d'un élément à k

---

[10] Éventuellement cet anavaccin antivariolique pourrait être lui aussi doublé d'un adjuvant selon notre principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité; peut-être pourrait-il être également utilisé en *vaccinations associées*.

(*) Séance du 9 août 1948.

[1] *Les espaces d'éléments à connexion projective normale* (*Actualités scientifiques et industrielles*).

dimensions pour lesquelles nous prendrons les coordonnées x^i du point et les composantes $p^i_\lambda(\lambda = 1, 2, \ldots, k)$ de k vecteurs déterminant cet élément.

Une connexion d'éléments à k dimensions sera appelée (²) semi-normale, si (a_1) est une connexion sans torsion, c'est-à-dire $\Omega^i = 0$, (a_2) $\Omega^i_i = 0$ et (b) $R_{is} = 0$. Dans ce cas-là, les ω^i_k sont des formes $\Pi^i_{ks}\,dx^s (i = 1, 2, \ldots, n)$, où Π^i_{ks} considérés comme des fonctions des p^i_λ vérifient la relation

$$\Pi^i_{ks}(x, p^i_\lambda c^\lambda_\mu) = \Pi^i_{ks}(x, p^i_\mu).$$

La connexion sera dite normale, si de plus les conditions suivantes sont vérifiées

$$(c_1) \qquad p^j_\rho \Pi^i_{jk\,s}{}^{\rho} = 0, \qquad \left(\Pi^i_{jk\,s}{}^{\rho} = \frac{\partial \Pi^i_{jk}}{\partial p^s_\rho}\right),$$

$$(c_2) \qquad \Pi^a_{jk\,a}{}^{\rho} = 0.$$

On sait que la condition (c_2) peut être remplacée par son équivalente

$$(c'_2) \qquad p^s_\rho \Pi^a_{jk\,a}{}^{\rho} = 0.$$

Avec les conditions précédentes, nous pouvons démontrer que les fonctions Π^i_{ks} sont bien déterminées.

Puisque les conditions imposées sont invariantes par rapport à tout changement de coordonnées de l'élément, nous avons ainsi le théorème suivant :

Théorème 1. — *Étant donné un système de variétés à k dimensions, parmi toutes les connexions semi-normales, une connexion normale est déterminée par les conditions* (c_1) *et* (c'_2).

Pour un système d'hypersurfaces à $n - 1$ dimensions, chaque élément à $n - 1$ dimensions est défini par un point et un vecteur covariant $u_1, u_2, \ldots, u_n$, donc les conditions (c_1), (c'_2) se réduisent aux formes

$$(\bar{c}_1) \qquad \Pi^{it}_{ts} = 0, \qquad \left(\Pi^{ts}_{ik} = \frac{\partial \Pi^t_{ik}}{\partial u_s}\right),$$

$$(\bar{c}_2) \qquad u_t \Pi^{ts}_{ik} = 0.$$

En général, la connexion normale n'est pas une connexion projective ponctuelle. Mais on a le théorème suivant :

Théorème 2. — *Pour qu'un système de variétés à k dimensions, où* $k > 1$, *soit localement équivalent au système de toutes les variétés linéaires à k dimensions dans l'espace projectif ordinaire, il faut et il suffit que la connexion projective normale soit une connexion ponctuelle.*

(²) *Voir* Cartan, *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soient $F(x)$ une fonction continue, de période 2π, $E_n(F)$ sa meilleure approximation trigonométrique d'ordre n, σ_n sa $n^{\text{ième}}$ somme de Fejer

$$\sigma_n - F = \frac{1}{n\pi}\int_0^{+\infty} \frac{\varphi_x(t)}{t^2}\sin^2 nt\,dt + O\left(\frac{1}{n}\right)$$

où

$$\varphi_x(t) = F(x+2t) + F(x-2t) - 2F(x).$$

On sait que σ_n ne peut donner de $F(x)$ d'approximation meilleure que $O(1/n)$.

Nous indiquons dans cette Note, d'une part des résultats concernant des intégrales de la forme $\int f(t)\sin^2 nt\,dt$ et d'autre part la classe saturée pour le procédé d'approximation de Fejer c'est-à-dire la condition nécessaire et suffisante pour que $|\sigma_n - F| = O(1/n)$.

I. Soit E un ensemble de segments $(\alpha_p, \alpha_p + \lambda_p)$ situés sur $(0, 1)$; α_p et λ_p sont > 0 quel que soit $p = 1, 2, \ldots$. On dira que E est régulier si les segments le constituant sont deux à deux disjoints et si $\alpha_p \downarrow 0$. Nous appellerons série de E la série numérique $\sum_1^\infty \frac{\lambda_p}{\alpha_p}$.

Nous prouvons que E_1 étant un ensemble quelconque de segments de $(0,1)$ deux à deux disjoints on peut trouver deux ensembles réguliers, que nous désignons par $E^+(E_1)$ et $E^-(E_1)$, tels que $E^-(E_1) \subset E_1 \subset E^+(E_1)$ et qui ont au point O mêmes épaisseurs inférieure et supérieure que E_1. Lorsque la série de E converge, E est d'épaisseur nulle en O. On a alors le résultat suivant :

$\mathcal{E}$ étant un ensemble mesurable quelconque donné de $(0,1)$, la condition nécessaire et suffisante pour que $\int_{\mathcal{E}} \frac{\sin^2 nt}{t}\,dt = O(1)$ est qu'il existe un ensemble régulier $E^+(\mathcal{E})$ dont la série converge.

(On peut dans cet énoncé remplacer $\sin^2 nt$ par 1 ou $|\sin nt|$, $|\cos nt|$, ...)

On en déduit alors ce théorème :

Si $f(t)$ est sommable pour $0 \leqq t \leqq 1$, quel que soit t sur $(0,1)$, $hf(t+h)$ tend approximativement vers zéro quand h tend vers zéro.

Si $f(t)$ est sommable sur $(\varepsilon, 1)$ quel que soit $\varepsilon > 0$, si elle est non décroissante, et si $|tf(t)| < A$ quel que soit t on peut prouver que

$$\left|\int_0^1 f(t)\sin^2 nt\,dt - \frac{1}{2}\int_{\frac{1}{n}}^1 f(t)\,dt\right| < \lambda A,$$

où λ est une constante absolue.

II. On sait ([1]) que la condition nécessaire et suffisante pour que la meilleure approximation trigonométrique d'ordre n, $E_n(F) = O(1/n)$, est que $|F(x+t)+F(x-t)-2F(x)| \times 1/t$ soit uniformément borné en x et t. Soit C_A la classe des fonctions $F(x)$ pour lesquelles $E_n(F) = O(1/n)$ et telles que $\sup_{x,t} |F(x+t)+F(x-t)-2F(x)| \times 1/t = A$. L'étude de l'approximation par les sommes de Fejer d'une fonction de la classe C_A repose sur le lemme suivant qui complète des résultats antérieurs ([2]) :

Si, quel que soit n, $E_n(F) = O(1/n^p)$ (p, entier positif fixe), quelle que soit la suite $\{P_n(x)\}$ de polynomes trigonométriques approchant uniformément $F(x)$ à moins de K/n^p près, $|P_n^{(p+1)}(x)| < \lambda K n$, où λ est une constante numérique $< 2^{p+3}$.

Dans le cas de $p=1$, l'utilisation des sommes de Jackson prouve que $|P''_n(x)| < 2An$. On peut alors montrer que pour une fonction de la classe C_A,

$$\left| \sigma_n - F - \frac{1}{2n\pi} \int_{\frac{\pi}{2n}}^{+\infty} \frac{\varphi_x(t)}{t^2}\, dt \right| < \lambda \frac{A}{n}, \qquad \text{où } \lambda \text{ est une constante absolue} < 4.$$

On en déduit le résultat suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction continue $F(x)$ de période 2π soit approchée à $O(1/n)$ près par ses sommes de Fejer est que $\int_{\varepsilon}^{+\infty} \frac{F(x+t)+F(x-t)-2F(x)}{t^2}\, dt$ soit uniformément borné en x et ε.

Il en résulte une autre condition nécessaire et suffisante pour que $E_n(F) = O(1/n)$, à savoir que $\int_{\varepsilon}^{+\infty} \frac{2\varphi_x(t) - \varphi_x(2t)}{t^2}\, dt$ soit uniformément borné en x et ε.

On peut encore prouver par la même méthode que si a_n et b_n sont les coefficients de Fourier d'une fonction F de la classe C_A, $|a_n|$ et $|b_n|$ sont tous deux, quel que soit n, moindres que $k(A/n)$ où k est une constante absolue.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la théorie du champ nucléaire et les énergies propres des particules élémentaires.* Note de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour éliminer les interactions du type dipolaire entre nucléons, MM. Möller et Rosenfeld ([1]) ont imaginé, comme il est bien connu, de faire intervenir deux types de particules de champ : le méson pseudo-scalaire et le méson vectoriel,

---

([1]) Zygmund, *Duke Mathematical Journal*, 1945.
([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1066.

([1]) *Det. kgl, Danske Videnskabernes Selskab*, XVII, 8, 1940.

doués de la même masse, mais dont les spins sont respectivement zéro et un. L'interaction du type dipolaire devait être éliminée comme rendant impossible l'existence de niveaux d'énergies finies pour le deutéron. La théorie de MM. Möller et Rosenfeld a surmonté cette difficulté avec succès, mais il reste que l'énergie du système nucléon + champ mésonique est infinie, si l'on se place au point de vue des auteurs cités. D'autre part, comme l'a signalé M. Bethe (²), le terme d'interaction dipolaire, terme non central, permet de donner une bonne interprétation quantitative du moment électrique quadripolaire du deutéron, qui s'évanouit avec lui.

Les expériences récentes, notamment celle de MM. Powell, Lattès, Leprince-Ringuet, Auger, prouvent que la composante pénétrante des rayons cosmiques contient plusieurs types de corpuscules (deux au moins), de masses différentes. Bien qu'il ne soit pas prouvé que ces corpuscules interviennent tous dans le champ nucléaire, nous allons supposer qu'il existe quatre types de mésons de champ, doués de quatre masses non obligatoirement égales, soit un méson scalaire de masse M_+, un méson vectoriel de masse m_+, un méson pseudo-scalaire de masse M_-, un méson pseudo-vectoriel de masse m_-.

Adoptant pour décrire ces quatre sortes de mésons les formalismes utilisés par MM. Möller et Rosenfeld (¹), nous obtenons, pour l'énergie statique totale d'un système de nucléons :

$$\begin{aligned} \mathrm{H} = \frac{1}{2}\sum_{i,k}\left(\vec{\tau}^{(i)}.\vec{\tau}^{(k)}\right)\Bigg\{&\left[g_1^2 + g_2^2\left(\vec{\sigma}^{(i)}.\vec{\sigma}^{(k)}\right) + \left(\frac{g_2}{k_+}\right)^2\left(\vec{\sigma}^{(i)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(i)}\right)\left(\vec{\sigma}^{(k)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(k)}\right)\right]\frac{e^{-k_+ r_{ik}}}{4\pi r_{ik}} \\ &- \left(\frac{f_2}{\mathrm{K}_-}\right)^2\left(\vec{\sigma}^{(i)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(i)}\right)\left(\vec{\sigma}^{(k)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(k)}\right)\frac{e^{-\mathrm{K}_- r_{ik}}}{4\pi r_{ik}} - f_1'^2\,\frac{e^{-\mathrm{K}_+ r_{ik}}}{4\pi r_{ik}} \\ &- \left[g_1'^2\left(\vec{\sigma}^{(i)}.\vec{\sigma}^{(k)}\right) + \left(\frac{g_1'^2}{k_-^2} - \frac{g_2'^2}{k_-^2}\right)\left(\vec{\sigma}^{(i)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(i)}\right)\left(\vec{\sigma}^{(k)}.\overrightarrow{\mathrm{grad}}^{(k)}\right)\right]\frac{e^{-k_- r_{ik}}}{4\pi r_{ik}}\Bigg\}. \end{aligned}$$

(Dans la formule ci-dessus, les notations sont celles du livre de M. Louis de Broglie (³), les k et les K correspondent respectivement aux m et M.)

Généralisant le procédé de MM. Möller et Rosenfeld, nous pouvons poser

$$g_1^2 = f_1'^2, \qquad g_2^2 = g_1'^2 \qquad \text{et} \qquad \frac{g_2^2}{k_+^2} - \frac{f_2^2}{\mathrm{K}_-^2} + \frac{g_1'^2}{k_-^2} - \frac{g_2'^2}{k_-^2} = 0.$$

Ces dernières relations entre les constantes de couplage supposées vérifiées, il est aisé de voir que l'expression H tend vers une limite finie quand r_{ik} tend vers 0, et que les termes de la somme correspondant à $i = k$ ne sont pas infinis.

Il est à remarquer que si les quatre masses étaient égales à une même valeur, H serait identiquement nulle.

Si trois des masses sont grandes par rapport à l'une d'elles, les expo-

(²) *Physical Review*, **57**, 1940, p. 260 et 390.

(³) *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du Noyau*, t. II, Paris, 1945.

nentielles $e^{-kr}/4\pi r$, relatives aux trois premières sont négligeables à partir d'une distance très inférieure au rayon d'action des forces nucléaires, commandé par la dernière masse. Nous voyons que notre procédé réalise une *coupure* du champ nucléaire, mais invariante relativiste, et douée d'un sens physique.

Des relations que nous avons supposées entre les constantes de couplage, il suit immédiatement que l'existence de trois sortes de mésons est indispensable à notre théorie : vectoriels, scalaires, pseudo-vectoriels. La constante f_2 annulée, les mésons pseudo-scalaires n'interviennent plus, mais cela nous prive d'une possibilité d'ajustement du terme non central *qui, ici, n'est pas nul*.

En définitive, le nombre de constantes de couplage indépendantes est trois; il est réduit à deux si l'on met les mésons pseudo-scalaires hors de cause. Le signe et l'ordre de grandeur des interactions dépendent, en outre, des masses attribuées aux quatre corpuscules, valeurs que l'expérience peut donner.

Signalons qu'on pourrait tenter d'éliminer les énergies infinies de la théorie du champ électromagnétique par un procédé analogue, faisant intervenir, à côté du photon de masse nulle ou évanouissante, un corpuscule scalaire plus lourd, les actions dont ce dernier serait le véhicule devenant très vite négligeables quand la distance augmente.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la relation entre l'excès de couleur et le déplacement vers le rouge pour les nébuleuses extragalactiques*. Note (*) de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. J. Stebbins et A. E. Whitford ont récemment publié ([1]) des mesures d'indice de couleur de nébuleuses elliptiques, d'après lesquelles l'indice de couleur C_p croît proportionnellement au déplacement vers le rouge $\Delta\lambda/\lambda$ dans tout le domaine couvert par les observations ($C_p = 0,86$ à $1,36$; $\Delta\lambda/\lambda = 0$ à $0,13$).

En assimilant le spectre des nébuleuses elliptiques à celui des étoiles de type *d*G6 et ce dernier à celui d'un corps noir à 5500°K., ils calculent pour l'amas de Bootes ($\Delta\lambda/\lambda = 0,13$) un excès de couleur de 0,08 mag., contre 0,52 observé.

L'interprétation de ce désaccord, envisagée par Stebbins et Whitford (absorption intergalactique), conduit à de graves difficultés lorsqu'on la rapproche de l'ensemble des autres données d'observation.

2. L'explication du désaccord paraît beaucoup plus simple : l'assimilation du rayonnement des nébuleuses à celui du corps noir à 5500°K. n'est une approximation acceptable que dans le spectre visible seulement; dans l'ultra-

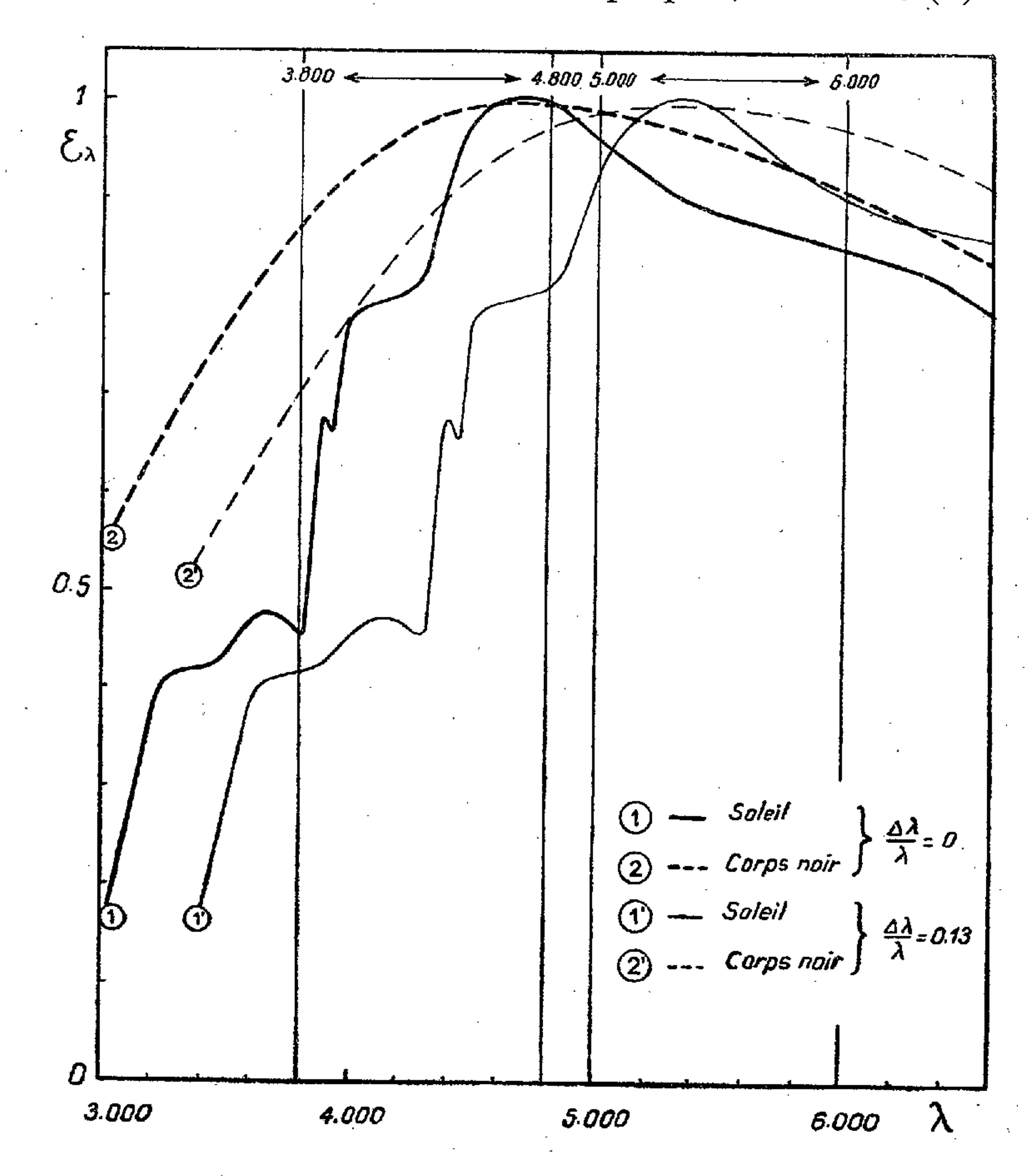
---

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) *Astronom. J.*, 53, 1948, p. 204.

violet la différence est considérable, le spectre nébulaire s'y trouvant fortement affaibli par les raies et bandes accumulées dans ce domaine.

A défaut de données spectrophotométriques précises sur le spectre ultraviolet des nébuleuses, on peut utiliser, comme une bonne approximation, celles qui sont relatives au Soleil, dont le type spectral global, dG2 ([2]) est très voisin de celui de la moyenne des nébuleuses elliptiques, soit dG4 ([3]) ou dG6 ([1]).



La figure permet de comparer l'effet du déplacement vers le rouge $\Delta\lambda/\lambda = 0{,}13$ appliqué, soit à la courbe d'énergie du corps noir à 6000°K., soit à celle du Soleil (ensemble du disque) d'après E. Pettit ([4]).

Qualitativement on voit déjà que le déplacement considéré amène dans la région photographique la grande dépression ultraviolette de la courbe d'énergie solaire. Il n'est donc pas légitime d'utiliser celle du corps noir équivalent dans le visible pour le calcul de l'excès de couleur.

([2]) G. P. Kuiper, *Astroph. J.*, 88, 1938, p. 429.
([3]) E. Hubble, *The Realm of the Nebulæ*, 1936, p. 53.
([4]) *Astroph. J.*, 91, 1940, p. 139.

3. Soient

$$(m_{pg})_{\Delta\lambda} = -2,5 \log \int \mathcal{E}_{\Delta\lambda}(\lambda)\, S_{pg}(\lambda)\, d\lambda + K$$

et

$$(m_{pv})_{\Delta\lambda} = -2,5 \log \int \mathcal{E}_{\Delta\lambda}(\lambda)\, S_{pv}(\lambda)\, d\lambda + K$$

les magnitudes photographique et photovisuelle de la nébuleuse affectée du déplacement vers le rouge $\Delta\lambda/\lambda$, où $S_{pg}(\lambda)$ et $S_{pv}(\lambda)$ représentent l'effet total des sélectivités instrumentales et où la constante K tient compte à la fois du zéro de l'échelle et des effets de distance non sélectifs.

L'excès de couleur est

$$\Delta C = (m_{pg} - m_{pv})_{\Delta\lambda} - (m_{pg} - m_{pv})_0.$$

Le calcul exact de ΔC n'est pas possible en l'absence de données précises sur les fonctions $S_{pg}(\lambda)$ et $S_{pv}(\lambda)$; mais on obtiendra sans doute une valeur approchée déjà assez correcte en posant $S_{pg}(\lambda) = 1$ pour $3800 < \lambda < 4800$ Å et 0 en dehors de cet intervalle, et $S_{pv}(\lambda) = 1$ pour $5000 < \lambda < 6000$ et 0 en dehors de cet intervalle.

La planimétrie des courbes ci-dessus donne dans ces conditions

Corps noir : $\Delta C = 0,16$ mag. [contre 0,08 calculé (¹)],
Soleil : $\Delta C = 0,47$ mag. (contre 0,52 observé).

Compte tenu des approximations consenties, l'accord avec la valeur observée est donc beaucoup plus satisfaisant lorsqu'on utilise la courbe d'énergie solaire au lieu de celle du corps noir; il serait sans doute encore meilleur si l'on utilisait la courbe d'énergie d'une étoile de type un peu plus avancé que le Soleil.

On peut donc conclure qu'il n'existe pas de désaccord majeur entre les valeurs calculées et observées des indices de couleur des nébuleuses lointaines.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Hypothèse de l'influence d'impuretés isostériques sur l'odeur des composés organiques.* Note (*) de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. Paul Lebeau.

Des techniciens de la parfumerie ont souvent affirmé que certains composés définis odorants, à mesure qu'on pousse plus loin leur purification, présentent un parfum de plus en plus atténué, au point qu'on peut se demander si le même composé, à l'état de pureté rigoureuse, ne deviendrait pas presque inodore. On a, par exemple, attribué cette propriété surprenante à l'alcool phényléthylique, à la vanilline et à l'hydroxycitronellal [1].

Il existe, d'autre part, entre molécules *isostères* (ne différant que par un

(*) Séance du 2 août 1948.

[1] Renseignements inédits communiqués par M. Louis Roure et par M. Jacqué.

maillon d'un cycle, avec égalité dans les deux cas du nombre des électrons π libres), une grande analogie de propriétés physiques et une analogie d'odeur (²) (exemple : benzène, pyrrol).

L'objet du présent travail a été de rechercher si l'addition systématique d'un de ces isostères, en petite quantité, à un composé chimique défini très pur, pourrait d'une part accentuer son odeur, et d'autre part rendre une purification ultérieure difficile. Je me suis borné à l'étude de quelques substances très aisément purifiables, et à l'emploi d'isostères faciles à doser, en quantités même minimes, ce qui évidemment limite beaucoup les possibilités.

Le groupe le plus accessible est celui que forme le benzène avec le thiophène, le pyrrol et la pyridine. Il est bien connu que le benzène technique doit surtout son odeur désagréable au thiophène qu'il contient. D'autre part, si l'on rapproche les odeurs de *traces* de pyridine, de thiophène et de pyrrol purs, de celle d'une quantité *importante* de benzène purissime [traitements répétés par la méthode au chlorure d'aluminium de Haller (³)], on discerne une analogie certaine des odeurs, surtout marquée avec le benzène et le pyrrol, moindre avec le thiophène, lointaine avec la pyridine. Il en résulte évidemment que le benzène pur, additionné d'une de ces substances, devient plus odorant. Or, le dosage de traces de thiophène dans le benzène est aisé par colorimétrie, la méthode à l'isatine permettant de le déceler jusqu'à une concentration de 10^{-10} (1 gramme pour 10000 tonnes), alors que l'intensification d'odeur du benzène en sa présence n'est sensible qu'au-dessus de 10^{-4} (concentration 10^{6} fois plus grande). Le dosage du pyrrol est possible par le même procédé (sensibilité plus faible, de l'ordre de 10^{-5}). Par contre, le dosage de faibles traces de pyridine est difficile. On a utilisé alors la variation d'indice de réfraction.

Fractionnements par distillation. — I. *Benzène-pyrrol.* — On a distillé sans colonne, à la pression atmosphérique, 50$^{cm^3}$ du mélange, en recueillant des fractions successives, où chacune des deux substances a été dosée. Le fractionnement est très aisé. La courbe représentative (a) garde la même allure pour des concentrations initiales de 10^{-4} à 10^{-1}. Le *comportement d'une trace est donc identique à celui d'une proportion importante.*

II. *Benzène-thiophène.* — Même mode opératoire. Concentration initiale variant de 10^{-6} à 10^{-2}. Fractionnement aisé et courbe indépendante de la concentration (b) (malgré la proximité des températures d'ébullition des deux constituants).

III. *Benzène-pyridine.* — Système classique (⁴). Fractionnement facile (c).

V. *Benzaldéhyde-furfural.* — Les deux odeurs sont très voisines, celle du furfural, moins fine, mais sans être plus intense. L'addition à la benzaldéhyde

---

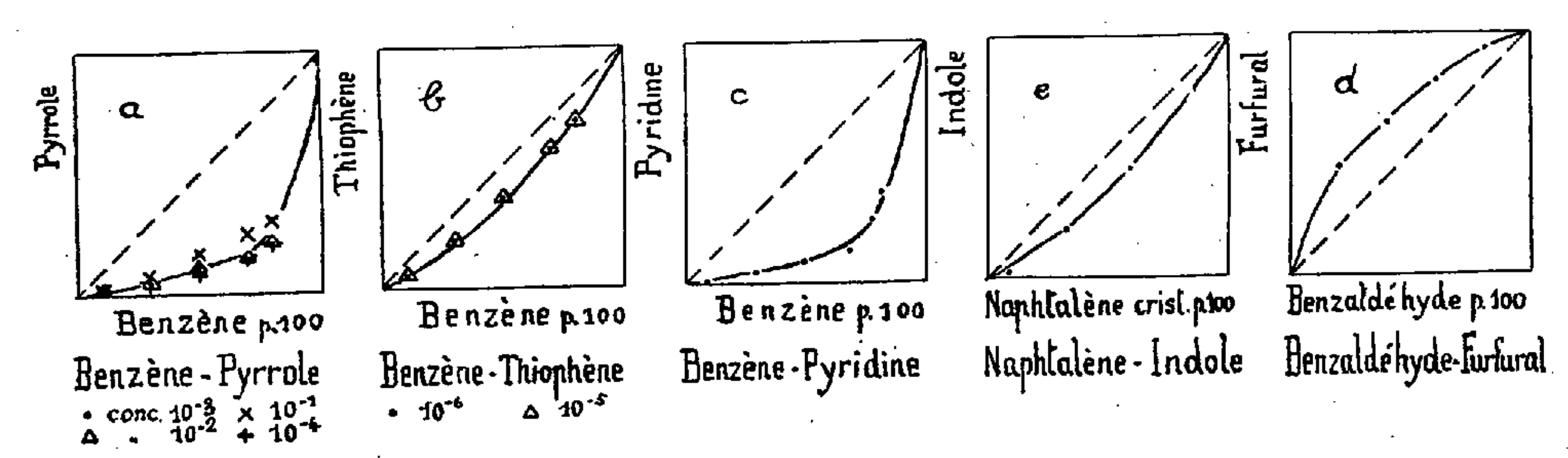
(²) G. Ehrensvärd, *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 3, suppl. IX, 1942, p. 1.

(³) Haller et Michel, *Bul. Soc. Chim.*, 15, 1896, p. 1065.

(⁴) J. Timmermans, *Les solutions concentrées*, Paris, 1936, p. 103.

ne modifie pas sensiblement l'odeur. Fractionnement facile (*d*), bien que le furfural passe en tête, par suite de l'existence d'un azéotrope, alors qu'il bout à 17° au-dessous de la benzaldéhyde. Dosage par l'acétate d'aniline.

Fractionnement par cristallisation. — IV. *Naphtalène-indol.* — L'odeur d'une trace d'indol, bien que plus jasminée que celle du naphtalène pur, est néanmoins apparentée. L'addition d'indol au naphtalène influe peu sur l'odeur. Cristallisation fractionnée par évaporation lente, à la température de 20° et à la pression atmosphérique, d'une solution chloroformique saturée. Dosage par l'isatine. Fractionnement faible, mais cependant aisé (*e*).



Ces résultats sommaires suffisent à montrer que le comportement de tels couples d'isostères, en ce qui concerne l'aisance des fractionnements par distillation ou cristallisation, ne diffère en rien de celui de couples de substances quelconques, même quand la concentration relative est minime. Les *milieux thermodynamiques* des deux constituants, au sens où l'entendait Washburn ([5]), sont donc aussi différents qu'on pouvait l'attendre de la comparaison des températures d'ébullition et des autres constantes physiques. Le fait d'observation signalé empiriquement par les parfumeurs, si toutefois il était confirmé, ne saurait donc être rapporté à la présence d'impuretés isostériques pratiquement inséparables du produit odorant.

MAGNÉTISME. — *Sur le mouvement pris dans l'air, autour d'un fil parcouru par un courant électrique constant, par des particules de fer possédant six degrés de liberté.* Note (*) de M. **Johann A. Schedling**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nos recherches ont été suggérées par la découverte de F. Ehrenhaft ([1]) relative au mouvement de particules matérielles, qui décrivent des trajectoires hélicoïdales dans les champs magnétiques uniformes. Le but des expériences qui vont être décrites est d'établir expérimentalement quelles sont les forces

---

([5]) E. Washburn, *Principes de Chimie physique*, édition française, Paris, 1925, p. 81 et 176.

(*) Séance du 9 août 1948.

([1]) F. Ehrenhaft, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1100, 1345; **224**, 1947, p. 1151; **225**. 1947, p. 926.

qui s'exercent sur des particules, possédant six degrés de liberté, au voisinage d'un conducteur parcouru par un courant électrique constant.

On a représenté figure 1 le dispositif d'Ehrenhaft, modifié par l'auteur.

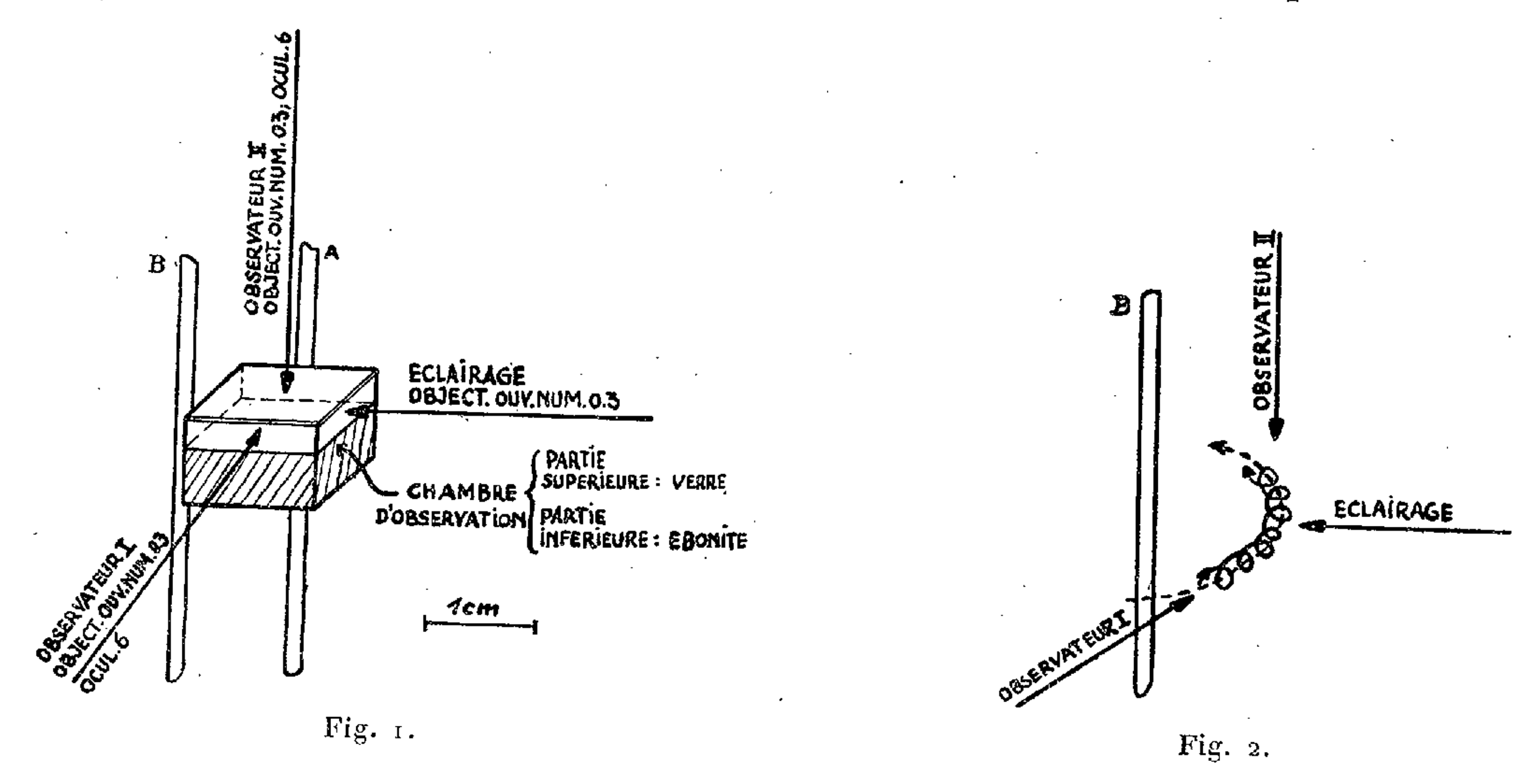


Fig. 1.

Fig. 2.

Deux observateurs peuvent, grâce à 2 microscopes orientés perpendiculairement l'un à l'autre, suivre simultanément les mouvements des particules dans une chambre éclairée latéralement; les observations se font dans un plan horizontal et dans un plan vertical. Les rayons lumineux sont horizontaux et normaux aux deux directions d'observation.

L'établissement du champ magnétique dans la chambre se fait à volonté au moyen de fils de cuivre A ou B extérieurs à la chambre. Les intensités utilisées allaient de 0 à 15 ampères.

En l'absence de courant électrique dans les deux conducteurs, on observe sur les particules, produites par pulvérisation d'acier à l'arc électrique, le mouvement de chute normal et pour plusieurs corps, un mouvement en direction du champ magnétique terrestre ([2]), tous deux superposés au mouvement brownien.

Lorsque le courant est établi dans le conducteur A, on observe que :

1° Le mouvement normal de chute des particules, dans la mesure où il est observable, n'est pas influencé par le champ magnétique.

2° Une composante de mouvement horizontale, dont le sens dépend de celui du champ, apparaît chez certaines particules. L'observateur II peut se rendre compte que les particules décrivent autour du fil A des trajectoires incurvées, tournant leur concavité vers le fil. Les deux observateurs peuvent remarquer pour plusieurs des particules des trajectoires sinueuses, auxquelles se superpose encore le mouvement brownien.

([2]) F. Ehrenhaft, *Ann. de Physique*, 13, 1940, p. 164.

3° Certaines particules se trouvent soumises à un couple directeur et s'orientent comme de petites aiguilles aimantées; elles sont de forme oblongue et exécutent, lors du renversement du sens du courant, une rotation d'environ 180°. Le centre de gravité de la plupart de ces particles ne semble pas se déplacer horizontalement sous l'effet du champ. Pour certaines particules cependant, on observe en même temps que l'effet du couple directeur, l'action de la composante horizontale réversible avec le champ.

Lorsque le courant est établi dans le conducteur B, les mêmes types de mouvement que ci-dessus se présentent à l'observateur II, les trajectoires des particules étant maintenant normales à la direction des rayons lumineux. Ces trajectoires montrent que les mouvements qui viennent d'être décrits sont indépendants de la direction de la lumière. Pour l'observateur I, regardant dans la direction de propagation, les particules exécutent des mouvements à peu près circulaires dans un plan normal à la direction de propagation. Ces mouvements changent de sens en même temps que le champ. Si l'on superpose les deux séries d'observations on peut construire les trajectoires des particules telles qu'elles sont représentées sur la figure 2.

Les particules citées au n° 2 perdent leur composante de mouvement dans la direction du champ, lorsqu'elles quittent les rayons lumineux; celles qui sont mentionnées au n° 3 conservent leur orientation même en dehors de la zone lumineuse. De plus toutes les particules influencées par le champ magnétique terrestre, prennent également un mouvement dans le champ créé par un conducteur parcouru par un courant. Pour de faibles intensités la vitesse résultante s'obtient en composant vectoriellement les 2 vitesses.

Ces expériences ont été exécutées au 1er Institut de Physique de l'Université de Vienne, et je remercie M. Erwin Votava qui m'a aidé lors des observations.

IONISATION DES GAZ. — *Sur l'absorption d'énergie des courants de haute fréquence par les gaz ionisés.* Note (*) de M. **Vasile P. Mihu**, transmise par M. Aimé Cotton.

L'intensité du courant passant dans une bobine qui est le résonateur d'un circuit oscillant, varie avec l'intensité du courant qui passe par un tube Geissler, si ce tube se trouve dans l'intérieur de la bobine (1).

Cette intensité est mesurée à l'aide d'un thermocouple intercalé sur la bobine et d'un galvanomètre qui indique le courant du thermocouple.

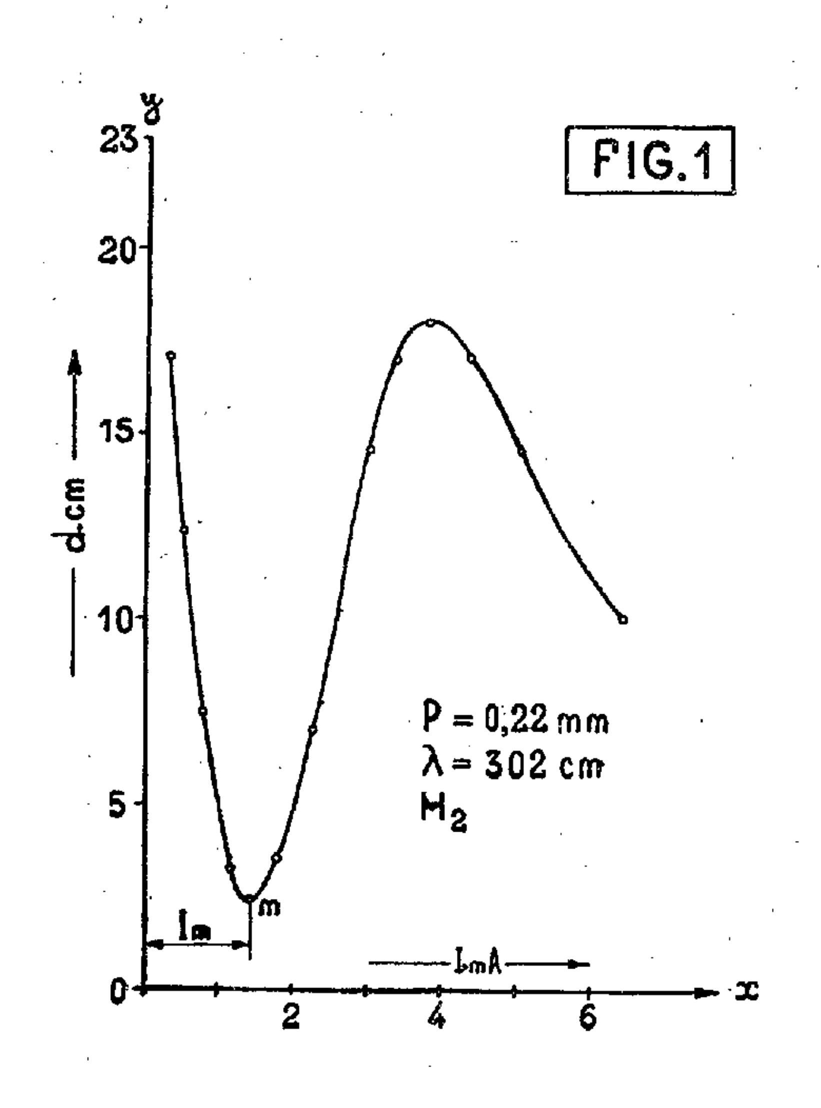
Les courbes qui représentent la variation de l'énergie du résonateur sont obtenues en prenant comme ordonnées les déviations d du galvanomètre à la

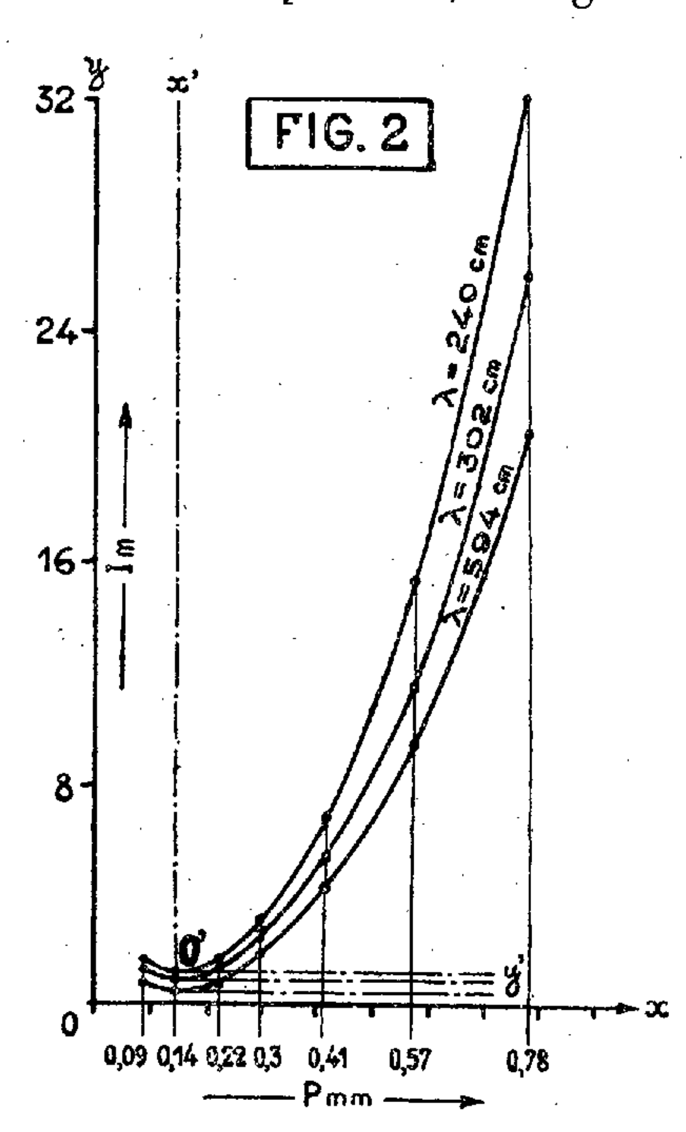
---

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) Th. V. Ionescu et Irène Mihul, *Comptes rendus*, 196, 1935, p. 682; V. P. Mihu, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 52.

résonance et comme abscisses les intensités du courant qui traverse le tube. Dans la colonne négative on trouve des maxima m d'absorption dont les positions varient avec la fréquence et la pression (pour le même gaz) : la figure 1 représente la courbe obtenue pour $\lambda = 302^{cm}$ et $p = 0^{mm},22$ Hg.





L'intensité I_m du courant pour lequel ont lieu les maxima m d'absorption varie avec la pression suivant deux règles ([2]) :

a. L'intensité I_m diminue pendant que la pression croît jusqu'au moment où la pression atteint une certaine valeur p' à partir de laquelle I_m commence à grandir en même temps que la pression.

b. La courbe qui représente la variation du courant I_m avec la pression, pour des pressions plus grandes que p', est une parabole.

Ces règles ont été trouvées pour $\lambda = 389^{cm}$. Il était intéressant de savoir si la règle de la parabole se maintiendrait aussi pour d'autres fréquences et si la valeur de p' serait caractéristique d'une fréquence, ou si elle serait la même pour n'importe quelle fréquence. C'est ce que nous montrons dans cette Note.

Nous avons expérimenté sur l'hydrogène dans la colonne négative, les longueurs d'onde étant comprises entre $\lambda = 240^{cm}$ et $\lambda = 594^{cm}$. Toutes les courbes obtenues présentent pour différentes valeurs de I_m des maxima d'absorption analogues au maximum représenté en m dans la figure 1.

En prenant comme ordonnées les valeurs de I_m et comme abscisses les

([2]) V. P. Mihu, *Annales scient. de l'Univ. de Jassy*, 27, 1941, p. 241.

pressions pour lesquelles ont été obtenues les courbes, nous trouvons pour chaque fréquence une courbe analogue aux courbes de la figure 2, qui correspondent respectivement à $\lambda = 240^{cm}$, $\lambda = 302^{cm}$ et $\lambda = 594^{cm}$.

En considérant le point le plus bas de chaque courbe (*fig.* 2) comme étant le sommet d'une parabole, nous avons tracé par ce sommet les axes $o'x'$, $o'y'$ (en pointillé) de ces paraboles. Si les branches de ces courbes situées à la droite de l'axe $o'y'$ sont des paraboles, tous leurs points devront satisfaire à l'équation, $y^2 = Kx$ (1).

On voit dans la figure 2 que le sommet de chaque parabole correspond pour les trois fréquences à la même pression $p' = 0^{mm},14$ Hg.

Dans l'équation $y^2 = Kx$, nous avons, $y = p - p'$ et $x = I_m - I_{mp'}$ où $I_{mp'}$ est l'intensité du courant pour les maxima d'absorption m, quand la pression dans le tube est p'.

Alors l'équation devient

$$(p - p)^2 = K(I_m - I_{mp'}) \quad (2).$$

Le calcul donne pour K les valeurs : $K = 24,5$ pour $\lambda = 240^{cm}$; $K = 33,4$ pour $\lambda = 302^{cm}$ et $K = 38,6$ pour $\lambda = 594^{cm}$. Ce sont les valeurs moyennes de K, mais elles ne diffèrent des valeurs partielles que de quelques centièmes.

Les conclusions qui s'imposent sont :

a. La règle de la parabole est valable pour n'importe quelle fréquence (ou au moins pour les fréquences limitées par les longueurs d'onde utilisées par nous).

b. La pression p' qui indique les sommets de ces paraboles est la même pour toutes les fréquences employées (dans nos expériences elle est égale à $0^{mm},14$ Hg).

La branche de la courbe, située à la gauche de l'axe $o'x'$ (pressions plus petites que p'), ne satisfait pas à l'équation de la parabole.

Nous chercherons si ces conclusions sont valables aussi dans le cas d'autres gaz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude physico-chimique sur la constitution des hétéropolyacides. Interprétation de la basicité des hétéropolyacides.* Note de Mme **Raluca Ripan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une série d'études électrométriques, en collaboration avec Candin Liteanu (1), Ervin Popper (2) et A. Duca (3), nous avons mis en évidence, pour les polyacides, une propriété nouvelle, à la suite de laquelle un certain

(1) R. Ripan et C. Liteanu, *Bull. Acad. Roum.*, **27**, 1945, p. 633; **22**, 1946, p. 521; **30**, 1947, p. 129.

(2) R. Ripan et E. Popper, *Bull. Soc. Sc.*, Cluj, 1948.

(3) R. Ripan et Al. Duca, *Bull. Soc. Sc.*, Cluj, 1948.

nombre d'ions hydrogène passent d'un seul coup en solution, de sorte que la solution de l'acide possède une acidité n fois plus grande que celle d'un acide fort monobasique (n est le nombre d'ions hydrogène dissociés en même temps). C'est la propriété que nous avons trouvée et nommée *dissociation unique*.

D'après cette propriété, nous pouvons formuler les hétéropolyacides comme il suit :

$$[Si(W_2O_7)_6]\frac{\underline{H}_4}{H_4},\qquad [P(W_2O_7)_6]\frac{\underline{H}_3}{H_4},\qquad [P(Mo_2O_7)_6]\frac{\underline{H}_3}{H_4},\qquad [IO_6]\frac{\underline{H}}{H_4},\qquad \ldots,$$

les $\underline{H}$ représentent les ions hydrogène qui manifestent la dissociation unique.

En général, on considère les hétéropolyacides (h. p. a.) comme dérivant d'un acide hypothétique de la forme $[M^nO_6]H_{12-n}$, où les oxygènes sont remplacés par les restes pyrométalliques.

Nous affirmons qu'un tel acide hexahydraté doit exister au moins en solution, la stabilité étant fonction de l'élément central.

L'existence de l'acide periodique $[IO_6]H_5$ confirme déjà notre hypothèse, car cet acide est très stable et s'obtient facilement par cristallisation en beaux cristaux incolores, tandis que l'acide normal periodique $[IO_4]H$ s'obtient difficilement, est très hygroscopique et se transforme rapidement en acide stable $[IO_6]H_5$.

Les acides hexacoordinés $[M^nO_6]H_{12-n}$ dont nous affirmons l'existence en solution, prennent naissance par une réaction chimique entre la molécule de l'acide non saturé et l'eau, comme il suit :

$$(1)\qquad \begin{cases} [PO_4]H_3 + 2H_2O = [PO_6]H_7, \qquad [SiO_4]H_4 + 2H_2O = [SiO_6]H_8, \\ [IO_4]H + 2H_2O = [IO_6]H_5. \end{cases}$$

Cette réaction s'explique facilement par la nécessité où se trouve la molécule coordinative non saturée de se transformer en une molécule hexacoordinée.

A la suite de la réaction (1), un nombre d'ions d'hydrogène de la molécule de l'acide hexacoordiné, manifestant une grande labilité, se dissocient simultanément et la molécule acide possède la propriété nommée par nous *dissociation unique*.

Le mécanisme qui détermine l'apparition de cette propriété est facilement explicable, si l'on admet que les forces qui tiennent les ions hydrogène dans la molécule de l'acide non saturé, se manifestent aussi pour former l'anion coordinativement saturé, lors de la réaction avec les molécules d'eau. Par la suite, *tous les ions hydrogène* existant dans la molécule de l'acide non saturé, prennent une labilité identique et se dissocient simultanément dans la solution. Les ions hydrogène fournis par les molécules d'eau conditionnent la basicité faible de la molécule.

Tous nos résultats sur la constitution des h. p. a., obtenus par la voie électrométrique confirment ce point de vue.

Nous avons toujours trouvé, pour les acides étudiés, un nombre d'ions hydrogène dissociés simultanément qui est égal à la basicité de l'acide primitif non saturé. Ainsi nous trouvons 3 pour les acides phosphoriques, 12 pour les acides molybdéniques et 12 pour les acides tungstiques, correspondant à la basicité 3 de l'acide non saturé $[PO_4]H_3$; de même 4 ions d'hydrogène subissent une dissociation simultanée dans les acides silico-12 tungstiques, correspondant à la basicité 4 de l'acide silicique non saturé $(SiO_4)H_4$. Pour tous ces acides la basicité faible correspond aux 4H fournis par les deux molécules d'eau de la réaction I. Pour l'acide $[IO_6]H_5$ la basicité forte I correspond à la basicité de l'acide periodique coordinativement non saturé $[IO_4]H$. Nous avons pu constater, à l'occasion des travaux qui se poursuivent actuellement dans notre laboratoire, que l'hypothèse sur la nécessité de l'existence, dans la solution, de molécules hexacoordinées, qui prennent naissance par des réactions analogues à la réaction I, a un caractère plus général.

Avec cette hypothèse nous expliquons une série de faits considérés comme des anomalies dans les publications scientifiques.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Évolution chimique des catalyseurs Fischer au cours du traitement thermique réducteur.* Note (*) de M. **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

Les constituants principaux des catalyseurs les plus utilisés dans la synthèse Fischer sont le kieselguhr et l'oxyde d'un métal aisément réductible, nickel ou cobalt, mais il leur est toujours ajouté de faibles doses d'oxydes non réductibles (thorine, alumine, etc.). Une solution de nitrates de ces divers métaux contenant en suspension le kieselguhr est traitée par une solution d'un carbonate alcalin. Le précipité est porté à l'ébullition, soigneusement lavé et séché à l'étuve. Pour acquérir ses propriétés catalytiques, il doit encore être *réduit* dans un rapide courant d'hydrogène à une température voisine de 400° durant un temps assez strictement limité.

Afin d'obtenir des précisions sur les effets de ce traitement, nous avons suivi, en fonction du temps et de la température, les pertes de poids d'un catalyseur et mesuré les quantités d'eau et de gaz carbonique dégagées. Les résultats de cette étude mettent en évidence des réactions autres que la réduction de l'oxyde de nickel contenu dans la masse de contact examinée.

Celle-ci titre, après séchage à l'étuve, 26,3 % de nickel dont le passage à l'état métallique entraîne une diminution de poids de 7,2 %. Or un rapide chauffage jusqu'à 450° dans un courant d'hydrogène, opération durant 127 minutes et interrompue dès que cette température est atteinte, provoque une perte de poids de 24,8 %. La même expérience répétée en atmosphère

(*) Séance du 18 août 1948.

d'azote a pour résultat une perte de poids de 24 %. Les deux courbes de perte de poids en fonction de la température sont assez régulières, bien qu'une faible amorce de palier soit observée entre 200 et 220°. Elles sont pratiquement superposables jusque vers 400°, température à partir de laquelle la courbe enregistrée en atmosphère réductrice croît plus vite que celle qui est obtenue dans l'azote, mais le faible écart entre les résultats des deux opérations prouve que la réduction était à peine amorcée à l'instant de l'arrêt du chauffage. Le même catalyseur calciné dans l'air à 900° perd 26,4 % de son poids. Le bref traitement jusqu'à 450° a donc un effet à peu près identique et suffit à éliminer presque la totalité du gaz carbonique et de l'eau contenus dans les carbonates basiques et les autres substances hydratées qui constituent la masse de contact séchée à l'étuve.

La même préparation a été soumise à un traitement thermique analogue mais plus lent, la température de 450° n'étant atteinte et le chauffage interrompu qu'au bout de 4 heures. La perte de poids est un peu plus forte, 28,5 % et la réduction de l'oxyde de nickel plus importante. L'eau et le gaz carbonique libérés au cours de ce chauffage réducteur ont été recueillis; ils représentent respectivement 21,4 et 4,85 % du poids initial de l'échantillon. Un déficit de 2,25 % apparaît donc entre la perte de poids du catalyseur et le gain de poids des absorbeurs. Ce déficit résulte d'une transformation partielle en méthane des groupements CO_2 contenus dans le catalyseur. Ce méthane est trop dilué pour être dosable dans l'hydrogène prélevé à la sortie de l'appareil, mais il a été mis en évidence dans les gaz extraits par désorption d'un catalyseur venant de subir la réduction.

D'autres échantillons de la même masse de contact ont été successivement chauffés dans un courant d'hydrogène à différentes températures T durant des temps *t* au terme desquels le poids demeurait sensiblement constant. Les pertes de poids P, les quantités d'eau et de gaz carbonique recueillies Q_e et Q_c évaluées en pourcentage du poids initial de l'échantillon sont données ci-dessous pour deux expériences.

Expérience n° 4.

T.	*t.*	P.
°	h	%
120	24	9,4
210	50	12,6
360	50	9,1
450	12	1,7
Totaux....		32,8

Expérience n° 5.

T.	*t.*	P.	Q_e.	Q_c.
°	h		%	%
120	24	–	6,32	1,52
225	120	–	9,30	1,72
360	24	–	7,36	0
450	24	–	3,38	0
		32,5%	29,6%	

A la fin de ces opérations le poids du catalyseur a diminué de 32,5 à 32,8 %. L'élimination complète des produits volatils par calcination à 900° dans l'air et la réduction totale de l'oxyde NiO devraient, comme nous l'avons vu,

abaisser de 33,6 % le poids initial; nous avons donc abouti à un résultat très voisin.

Mais le traitement réducteur que des recherches empiriques paraissent avoir défini comme étant le plus favorable, ne dure pas aussi longtemps que les opérations précédentes. La perte de poids est alors parfois nettement moindre et l'importance relative des produits volatils éliminés s'en trouve modifiée. La vitesse de montée de la température, la durée du traitement et le débit d'hydrogène influent sur les diverses réactions chimiques mises en évidence par les présents travaux, déshydratations, décarbonatations, réduction du gaz carbonique en méthane, réduction de l'oxyde de nickel. Les mêmes paramètres doivent influer également sur la formation de combinaisons hydratées entre la silice du kieselguhr, l'alumine et les oxydes de métaux lourds, car, d'après des résultats récents ([1]), ces combinaisons se forment très aisément dans les conditions d'élaboration et de réduction des catalyseurs Fischer.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Évolution de la surface spécifique des catalyseurs Fischer au cours du traitement thermique réducteur.* Note (*) de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Paul Pascal.

Les travaux de Perrin résumés dans la Note précédente montrent que le traitement thermique des catalyseurs Fischer en atmosphère d'hydrogène entraîne, en plus de la réduction de l'oxyde de nickel, le départ de grandes quantités d'eau et de gaz carbonique. La surface spécifique de masses de contact analogues a été mesurée par Anderson et ses collaborateurs ([1]), ainsi que par Craxford ([2]). Elle peut atteindre 100 ou 150 m^2/g et est donc très supérieure à celle des constituants, notamment à celle du plus abondant d'entre eux, le kieselguhr, qui n'a que rarement une surface de plus de 30 m^2/g.

Ce résultat et les difficultés rencontrées dans la réduction de l'oxyde métallique ont conduit à admettre que cet oxyde est au moins en partie combiné au kieselguhr sous forme de silicates et d'aluminosilicates hydratés. Cette conception trouve une confirmation dans les études faites aux rayons X par de Lange et Visser ([3]) sur des catalyseurs formés d'oxyde de nickel et de kieselguhr dont le diagramme est celui d'un hydrosilicate, ainsi que dans celles de Mlle Longuet ([4]) qui révèlent la facilité avec laquelle l'oxyde de nickel et l'alumine peuvent se combiner.

([1]) De Lange et Visser, *de Ingenieur*, 58, 1946, n° 26, p. 24, Longuet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 579.

(*) Séance du 18 août 1948.

([1]) Anderson, Hall, Hewlett et Seligman, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 3114.

([2]) *Fuel in Sc.* et *Pract.*, 26, 1947, p. 119.

([3]) *de Ingenieur*, 58, 1946, n° 26, p. 24.

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 579.

Les combinaisons obtenues ont une structure feuilletée et Craxford (*loc. cit.*) attribue la grande surface au fait que les molécules des réactifs comme du gaz servant à mesurer la surface pourraient pénétrer librement entre les feuillets.

Nos mesures antérieures ([5]) concernant la surface de la montmorillonite nous ont révélé que les molécules non polaires (azote, hydrocarbures) ne sauraient, à l'opposé des molécules d'eau, pénétrer entre les feuillets de cette terre et qu'elles sont adsorbées uniquement à la surface des particules élémentaires formées d'empilements de feuillets.

Par contre nous avons montré ([6]) que tout traitement capable de provoquer dans un solide à structure feuilletée, le départ d'une partie des constituants sans entraîner un effondrement du réseau cristallin, augmente fortement la surface accessible aux molécules non polaires. Les résultats de Perrin (*loc. cit.*) mettant en évidence l'importance des réactions de dissociation subies par les catalyseurs Fischer au cours du traitement réducteur, nous avons pensé que la même explication devait être valable dans ce cas. Nous avons donc mesuré, par adsorption d'azote à — 195° et de butane à 0°, les surfaces spécifiques d'un échantillon du catalyseur utilisé par Perrin, après lui avoir fait subir divers traitements entraînant une perte de poids plus ou moins importante. Les expériences faites avec l'azote ont donné les surfaces spécifiques suivantes qui sont rapportées au gramme de catalyseur dans son état au moment de la mesure.

Traitement.	Perte de poids totale (%).	Surface spécifique (m^2/g).
Sous vide à 20° durant 26 h	4,3	28
» 180° » 16 h	11,0	39
Réduction par l'hydrogène à 450° (18 h.) et désorption sous vide à 180° (48 h.)	22,8	87

Les isothermes d'adsorption de butane démontrent également un accroissement de la surface au fur et à mesure du départ des constituants volatils et lors de la réduction. Mais celles de ces courbes qui sont obtenues avec les échantillons non réduits, permettent de déceler une condensation capillaire, indice probant d'une structure poreuse que le traitement réducteur très prolongé à 450° fait du reste disparaître. La distance z caractérisant, d'après Emmett et Cinnes ([7]), la dimension moyenne des pores, est de 18 Å pour les catalyseurs non réduits.

Il faut souligner que les pertes de poids figurant au tableau précédent sont

---

([5]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1337; **227**, 1948, p. 392.
([6]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 476.
([7]) *J. Phys. Coll. Chem.*, **51**, 1947, p. 1248.

nettement inférieures à celles qu'a obtenues Perrin (*loc. cit.*) dans des traitements soit beaucoup plus courts mais brutaux, soit plus prolongés. Il y a donc lieu d'accorder une grande importance aux conditions de ce traitement dont dépendent la surface spécifique et l'activité catalytique.

En conclusion, nos mesures prouvent clairement que, dans le cas présent comme dans celui des montmorillonites activées, l'accroissement de surface n'est pas la conséquence directe d'une structure en feuillets, mais est due à l'existence de lacunes provoquées par le départ d'une fraction importante des constituants initiaux des catalyseurs. Cependant la structure lamellaire peut jouer un rôle en évitant l'effondrement du réseau lors des réactions de dissociation et de réduction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de déshydratation d'un α-hydroxytétrahydrofuranne.* Note de M. **Charles Glacet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction de l'oxyde de mésityle ([1]) fournit jusqu'à 75 % de produits furanniques qui consistent en deux formes stéréoisomères de l'α-hydroxytétrahydrofuranne (I) et en ses produits de déshydratation.

```
          (CH3)2C—————————CH2                            (CH3)2C—————————CH2
               |           |                                  |           |
(CH3)2C=CH—C—CH3   HO—C—CH3                   (CH3)2C=CH—C—CH3    H—C—CH3
               |____O_____|                                   |____O_____|
                   (I)                                           (III)
                    |                        ↗
                    ↓
          (CH3)2C—————————CH                             (CH3)2C—————————CH2
               |           ||                                 |           |
(CH3)2C=CH—C—CH3          C—CH3      ——→      (CH3)2C=CH—C—CH3   CH3—C—O—CO—CH3
               |____O_____|                                   |____O_____|
                   (II)                                          (IV)
```

Sous l'action de la chaleur, l'un des stéréoisomères se déshydrate en donnant le dihydrofuranne attendu II. La deuxième forme stéréoisomère de I est plus stable; par action de la chaleur et d'agents de déshydratation divers (bisulfate de potassium, acides oxalique et palmitique, iode, alumine) j'obtiens surtout deux produits : $\acute{E}_{15}$ 96°,5 et $\acute{E}_{15}$ 101°,5, isomères de II et ayant une structure cétonique analogue à celle d'un produit de déshydratation anormale d'α-hydroxytétrahydrofuranne que j'ai antérieurement étudié ([2]). La formation de ces produits anormaux de déshydratation est généralement accompagnée de la

([1]) J. Wiemann et Ch. Glacet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 923.

([2]) Ch. Glacet, *Ann. Chim.*, (12), 2, 1947, p. 308.

production d'un peu de II, particulièrement lorsqu'on utilise comme agent de déshydratation un acide faible (acide palmitique) ou l'iode; on observe également dans la plupart des cas la présence d'un produit à point d'ébullition élevé É_1 150-152°.

L'oxycarbure II, dont la composition répond à $C_{12}H_{20}O$, présente les constantes suivantes : É_{14} 71°, $n_D^{15,5}$ 1,4623, $d_4^{15,5}$ 0,876, $\gamma_{15,5}$ 27,2, d'où : R. M. tr. 56, 52, P. M. tr. 469,5 pour 56,13 et 464,5 + λ calc.; indice d'iode (Hübl) : 252 pour 282 calculé. Les fréquences Raman des deux liaisons éthyléniques sont très voisines : 1676 et 1686 cm^{-1}; l'introduction d'un CH_3 en α' dans la molécule d'un α.β-dihydrofuranne relève donc la fréquence Raman éthylénique de 1615 (3) à 1675 cm^{-1}, cet effet est un peu moins marqué (43 cm^{-1}) quand on passe du cyclopentène au méthyl-1 cyclopentène (4).

L'oxycarbure (II) ne présentant que des doubles liaisons assez encombrées s'hydrogène difficilement sur nickel de Raney en donnant le dérivé dihydrogéné (III), $C_{12}H_{22}O$, avec un rendement de 60 % (É_{13} 78°, n_D^{22} 1,4495, d_4^{22} 0,856; R. M. : tr. 57,08, calc. 56,59; indice d'iode : tr. 139, calc. 140). La double liaison nucléaire s'hydrogénant plus aisément que la double liaison de la chaîne latérale (5) la formule (III) me paraît vraisemblable.

Il ne m'avait pas été possible jusqu'à présent de passer du produit normal de déshydratation à son isomère carbonylé; le peu de stabilité de (II) vis-à-vis des agents chimiques permet une telle transformation. En milieu acide ou en présence d'iode à 60° l'oxycarbure (II) s'isomérise en les produits cétoniques obtenus par déshydratation catalytique de (I); on observe également cette isomérisation en présence de nickel de Raney, surtout si ce dernier a été insuffisamment lavé, donc en milieu basique.

La transformation de (II) peut d'ailleurs être moins profonde; en présence d'acide acétique ou d'anhydride acétique on obtient un oxycarbure dimère de (II) ($C_{24}H_{40}O_2$. É_1 150-152°, $n_D^{17,5}$ 1,4884, $d_4^{17,5}$, 0,932; indice d'iode : tr. 250). L'action du chlorure d'acétyle sur (II) fournit un dérivé isomère dont les constantes physiques sont très voisines, sauf en ce qui concerne le *point d'ébullition* plus élevé de 16°. Le spectre Raman ne présente pas de fréquence carbonyle, mais possède une raie éthylénique large.

J'ai essayé de fixer divers composés (acide acétique, anhydride acétique, chlorure d'acétyle, H_2S, NH_3) sur la double liaison nucléaire de (II); la réaction est généralement assez vive, mais par suite de l'isomérisation et de la dimérisation de II je n'ai pu dans la plupart des cas obtenir jusqu'à présent assez de produits de réaction pour en poursuivre l'étude. Il semble cependant que le rendement de ces réactions puisse être amélioré, c'est ainsi que l'action de

---

(3) *Id.*, p. 346.

(4) L. Piaux, *Ann. Chim.*, (11), 4, 1935, p. 178.

(5) Ch. Glacet, *Ann. Chim.*, (12), 2, 1947, p. 307.

l'acide acétique pur sur (II) ne donne guère d'acétine, par contre, en freinant la réaction par dilution dans le toluène, on obtient avec un bon rendement l'acétine (IV) ($É_{1,1}$ 103-105°, n_D^{18} 1,4610, d_4^{18} 0,969, Rdt. tr. 67,95 pour 67,48 calc.; CH_3COO % : tr. 23,4 pour 24,5 calc.).

Je me propose de poursuivre la mise au point de la technique d'obtention de ces produits d'addition, d'entreprendre leur étude, ainsi que la détermination de la structure des produits anormaux de déshydratation des α-hydroxytétrahydrofurannes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la bromuration du dihydromérodypnopinacolène et de ses hydrures*. Note de MM. **Dimitre Ivanoff**, **Tchavdar Ivanoff** et Mme **Boïca Stoïanova-Ivanova**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par décomposition alcaline de toutes les dypnopinacolines, exception faite des photodypnopinacolines, M. Delacre a obtenu un hydrocarbure dont la formule brute est $C_{25}H_{22}$ ([1]). Le même hydrocarbure s'obtient plus commodément en chauffant la dypnone avec de la potasse alcoolique solidifiable ([2]) ou bien en chauffant directement de l'acétophénone avec de l'alcali en poudre sèche ([3]). Par hydrogénation avec de l'amalgame de sodium, l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ donne $C_{25}H_{24}$ et avec de l'acide iodhydrique, $C_{25}H_{26}$ ([4]). Par bromuration avec deux mol. de brome, ces trois hydrocarbures réagissent d'après Delacre suivant un même schéma; il se forme le bromure de l'hydrocarbure à deux atomes d'hydrogène en moins. Ainsi $C_{25}H_{22}$ produit $C_{25}H_{19}Br$; $C_{25}H_{24}$ produit $C_{25}H_{21}Br$ et $C_{25}H_{26}$ produit $C_{25}H_{23}Br$ ([5]).

Delacre donne à l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ la structure du triphényl-1.3.6 dihydro-4.5 tropilidène (I) et l'appelle dihydromérodypnopinacolène. Les hydrocarbures $C_{25}H_{24}$ et $C_{25}H_{26}$, d'après lui, doivent avoir respectivement la structure du tétrahydro et du hexahydrotropilidène triphénylés, tandis que le bromure $C_{25}H_{19}Br$ a celle du triphényl-1.3.6 bromo-1 tropilidène (II) ([5]), etc.

Deux d'entre nous ont établi que l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ représente le triphényl-1.3.5 méthyl-1 dihydrobenzène-1.2 (III) ([6]). Si pour les hydrures on voit immédiatement les formules à donner, et dans ce cas $C_{25}H_{24}$ sera le triphényl-1.3.5 méthyl-1 cyclohexène-(3.4 ou 5.6) et le $C_{25}H_{26}$, le triphényl-1.3.5 méthyl-1 cyclohexane, il n'en est pas de même de la structure de $C_{25}H_{19}Br$. Ainsi qu'il ressort de la formule de $C_{25}H_{22}$, la formation

(1) *Ann. de Chimie*, 9e série, **10**, 1918, p. 116.
(2) *Bull. Acad. roy. de Belg.* (Cl. des Sciences), **8**, 1903, p. 739.
(3) *Ann. de Chimie*, 9e série, **2**, 1914, p. 75.
(4) *Bull. Acad. roy. de Belg.* (Cl. des Sciences), **8**, 1903, pp. 741, 747.
(5) *Ann. de Chimie*, 9e série, **2**, 1914, p. 88.
(6) D. Iwanow und Tsch. Iwanow, *Ber. d. chem. Ges.*, **77**, 1944, p. 173.

de l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$, duquel dérive le bromure $C_{25}H_{19}Br$, doit s'accompagner de changements profonds dans la structure de l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$.

(I). (II). (III).

Nos essais de bromuration, dont le but était l'obtention des bromures de $C_{25}H_{22}$ et de ceux de ses hydrures en vue de l'établissement de leur structure, ont donné des résultats différents de ceux qu'a obtenus Delacre. Tout d'abord nous avons démontré que par bromuration de $C_{25}H_{22}$ (F, d'après Delacre 95°,5, d'après nous 94-95°) avec deux mol. de brome, en plus du bromure $C_{25}H_{19}Br$ (F 141°) obtenu par Delacre, il se forme en même temps, et en quantité prépondérante, son isomère à point de fusion 127-128° corr. La séparation de ces deux bromures isomères s'obtient très difficilement. Par bromuration de $C_{25}H_{24}$, le collaborateur de Delacre, Lams, a obtenu le bromure $C_{25}H_{21}Br$ (F 134°,5) (7). Contrairement à ce résultat, la bromuration de $C_{25}H_{24}$ (mélange des deux isomères ou isomère à point de fusion 145°) nous a de même donné un mélange des deux bromures $C_{25}H_{19}Br$. Il est intéressant de noter qu'une seule fois au cours des essais, nous avons également obtenu un produit qui fond de 139 à 145° avec décomposition. Par des dosages nous avons établi que lors de cette décomposition, il se dégage une mol. de BrH et qu'il se forme l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ à point de fusion 94-95° (le point de fusion mixte avec $C_{25}H_{22}$ donne une dépression remarquable). Par bromuration de $C_{25}H_{26}$ Lams a obtenu le bromure $C_{25}H_{23}Br$ (F 137°) qui d'après lui se décompose par la chaleur en $C_{25}H_{22}$ et en BrH (7).

Dans nos essais sur le même hydrocarbure nous avons obtenu d'une part, un mélange des bromures $C_{25}H_{19}Br$ et d'autre part un hydrocarbure (F 140°,5-141°,5 corr.), dont la composition correspond bien à la formule $C_{25}H_{28}$. Cet hydrocarbure chauffé avec du soufre ne se déshydrogène pas, par conséquent sa molécule ne contient pas un noyau hydroaromatique mais une chaîne ouverte. Il s'est probablement produit lors de l'hydrogénation de $C_{25}H_{22}$ au moyen de l'acide iodhydrique.

Il s'ensuit que par bromuration de $C_{25}H_{22}$, de même que par celle de ses hydrures, les deux isomères de $C_{25}H_{19}Br$ se forment toujours. Ces deux bromures réagissent avec du magnésium, et les dérivés organomagnésiens ainsi

(7) *Thèses de Chimie*, fasc. 3 (Is. Lams), Gand, 1911, p. 12-14.

formés donnent après hydrolyse l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$. (A part cet hydrocarbure, le bromure à point de fusion 127-128° donne, en petites quantités, un composé à point de fusion 245° et à poids moléculaire 636 qui est probablement produit par une réaction de Wurtz.) De ces essais, il résulte que ces deux bromures sont des produits normaux de l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$. Il s'ensuit qu'une déshydrogénation préalable se produit par bromuration de $C_{25}H_{22}$ et de ses hydrures.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la distribution des intensités des raies dans les spectres de rayons X d'esters chlorés d'acides gras supérieurs.* Note (*) de M. **Georges Rodier**, transmise par M. Paul Pascal.

Cette Note expose des résultats obtenus au moyen d'un appareil précédemment décrit ([1]). J. Brenet ([2]) a étudié par diffraction des rayons X la structure et les phénomènes d'orientation de certains dérivés des acides laurique, myristique, palmitique et stéarique :

Laurate de β-chloréthyle......	$CH_3(CH_2)_{10}-CO_2-(CH_2)_2Cl$
Myristate de β-chloréthyle.....	$CH_3(CH_2)_{12}-CO_2-(CH_2)_2Cl$
Palmitate de β-chloréthyle....	$CH_3(CH_2)_{14}-CO_2-(CH_2)_2Cl$
Stéarate de β-chloréthyle......	$CH_3(CH_2)_{16}-CO_2-(CH_2)_2Cl$

Cet auteur a été amené à généraliser une théorie simple établie par Shearer ([3]). Soit d la distance réticulaire, x la distance d'un centre diffractant au plan de référence; on pose que l'amplitude de l'onde réfléchie par l'élément dx de *pouvoir diffractant* $f(x)$ est proportionnelle à

$$A f(x) \sin\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi nx}{d}\right) dx,$$

n étant l'ordre de réflexion, c la vitesse de la lumière, λ la longueur d'onde, A une constante de proportionnalité.

L'ensemble des ondes diffractées entre deux plans réticulaires successifs est donc représenté par une intégrale de la forme

$$I = A \int_0^d f(x) \sin\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi nx}{d}\right) dx.$$

Dans le cas examiné par J. Brenet, les molécules sont placées bout à bout

(*) Séance du 9 août 1948.

([1]) G. Rodier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 395.

([2]) J. Brenet, *J. de Phys.*, 1946, n° 5, p. 139-144.

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, vol. 108, 1925.

dans des directions opposées, et l'on a immédiatement

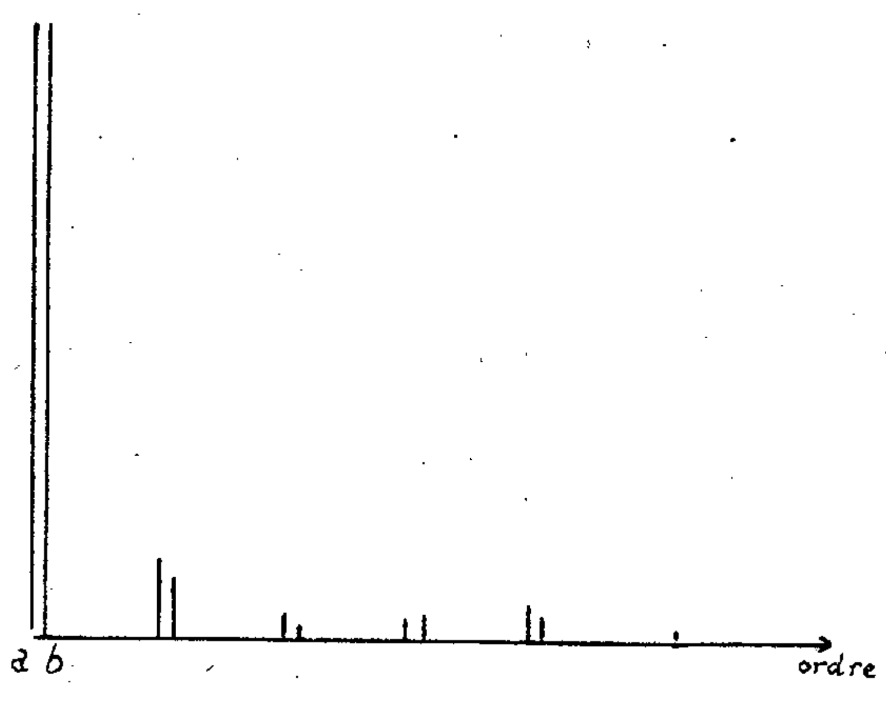
$$(1) \qquad I = 2A \sin \frac{2\pi ct}{\lambda} \int_0^{\frac{d}{2}} f(x) \cos \frac{2\pi nx}{d} dx.$$

Il reste donc à calculer des intégrales de la forme ci-dessus. Pour simplifier les calculs numériques, J. Brenet suppose, à la suite de Shearer, que $f(x)$ reste constant dans certaines parties de la molécule et ne varie brusquement qu'en des points éloignés, où la densité électronique varie de la même manière, d'après les hypothèses faites par ces auteurs. Ces hypothèses sont très suffisantes en première approximation, puisqu'elles ont conduit Shearer et récemment J. Brenet à une bonne détermination de la position des centres diffractants à l'intérieur des molécules à longues chaînes.

Mais si l'on examine des composés à chaînes plus courtes, ou si les groupements à forte densité électronique se rapprochent plus que dans les cas examinés plus haut, les mêmes hypothèses ne sont plus suffisantes pour obtenir de bons résultats.

Nous avons repris l'exemple des quatre corps cités plus haut, et pour l'un d'eux (laurate de β-chloréthyle) en déterminant $f(x)$ par une autre méthode [4]. $f(x)$ apparaissait alors comme une fonction continue, mais ne restait en général constante dans aucune partie de la molécule. Pour le calcul des intégrales (1), nous avons alors été obligé d'avoir recours à un appareil déjà décrit.

Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus de cette manière. L'examen des chiffres montre que les écarts constatés ne proviennent pas de l'appareil utilisé. Le graphique est relatif au laurate de β-chloréthyle.



a, intensité observée; *b*, intensité calculée.

Pour les myristate, palmitate et stéarate de β-chloréthyle, on a seulement refait avec l'appareil automatique le calcul de la distribution des intensités, en conservant les valeurs de $f(x)$ calculées par J. Brenet. On peut voir qu'à la précision indiquée, on trouve les mêmes valeurs.

L'application de ces mêmes méthodes à d'autres composés du même genre est actuellement en cours.

Ordre de réflexion...		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Laurate.	*a*.....	1	0,13	0,035	0,3	0,05	0
	b.....	1	0,01	0,001	0,27	0,03	0,34
	c.....	1	0,1	0,02	0,3	0,04	0,03
Palmitate.	*a*.....	1	0	0,07	0,11	0,0	0,026
	b.....	1	0,014	0,045	0,21	0,00	0,002
	c.....	1	0,014	0,045	0,2	0	0,02
Myristate.	*a*.....	1	0	0,04	0,11	0	0
	b.....	1	0,008	0,018	0,17	0,024	0,036
	c.....	1	0,008	0,018	0,17	0,025	0,035
Stéarate.	*a*.....	1	0	0,085	0,21	0	0,036
	b.....	1	0,034	0,082	0,17	0	0,06
	c.....	1	0,035	0,08	0,17	0	0,05

(Lignes *a*, valeurs observées; lignes *b*, valeurs calculées par J. Brenet; lignes *c*, valeurs obtenues par nous.)

PHYSIOLOGIE. — *Suppression, au moyen de l'acide pantothénique, de l'effet inhibiteur produit par l'amide nicotinique à fortes doses sur le développement de* Lactobacillus arabinosus. Note (*) de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

Après avoir montré que l'acide pantothénique, s'il est accompagné d'acide folique, s'oppose à l'arrêt de la croissance, à la dénutrition et à certains effets physiopathologiques provoqués, chez le jeune Rat blanc, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique [1], nous avons recherché si l'acide pantothénique pouvait également annuler l'effet inhibiteur de ces fortes doses sur le développement des microorganismes.

Technique. — Nos premières recherches ont porté sur *Lactobacillus arabinosus*, bactérie qui exige l'acide pantothénique comme facteur de croissance.

La bactérie a été inoculée dans une série de tubes renfermant chacun 10^{cm^3} de milieu de base de Snell et Wright [2], modifié par suppression du pantothénate de calcium [3]. Le milieu a été additionné de doses variables de ce dernier corps, ainsi que d'amide nicotinique (*voir* le tableau ci-après).

Après 3 jours d'incubation à 37°, la réponse des microorganismes a été

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 367 et p. 399.

(2) *Journ. of biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 675. Le milieu de base de Snell et Wright renferme, par centimètre cube, $0^{\mu g},100$ d'amide nicotinique et $0^{\mu g},100$ de pantothénate de calcium.

(3) Même après suppression de ce corps, le milieu renferme certainement encore des traces d'acide pantothénique.

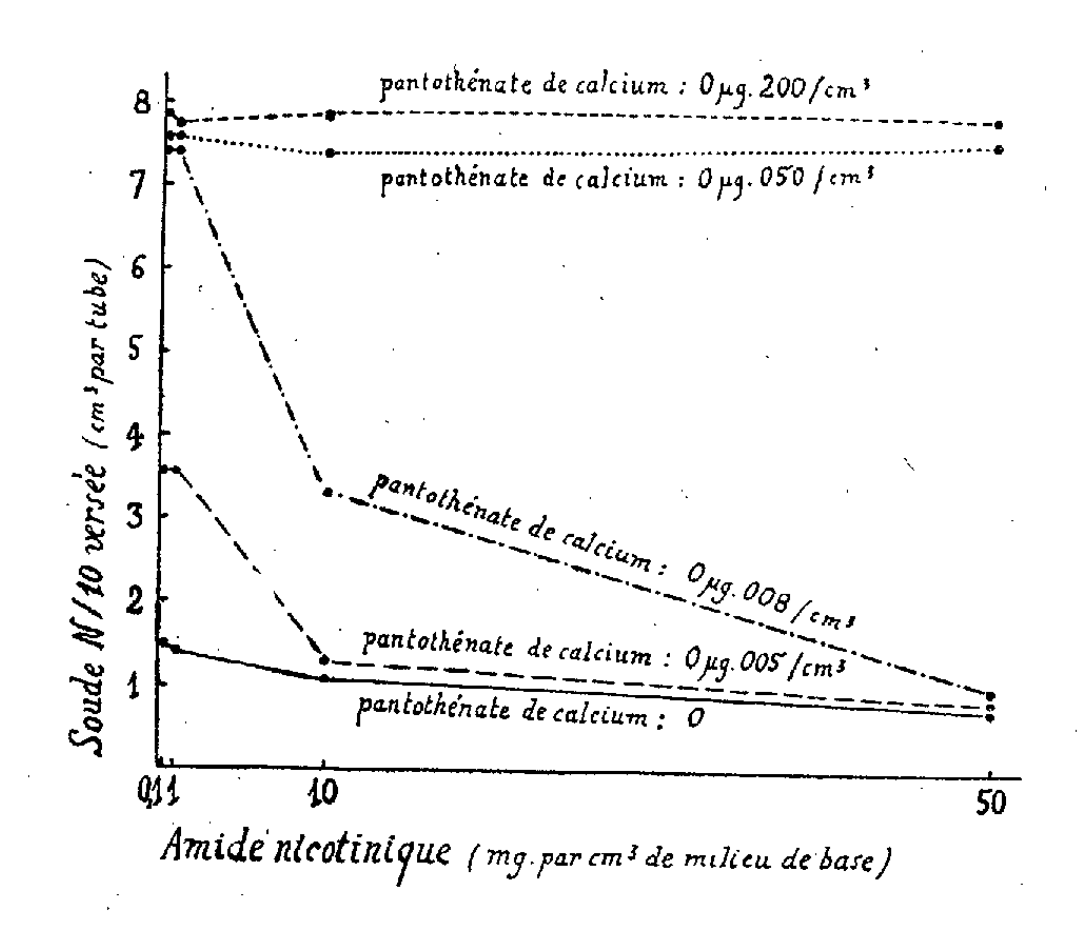
déterminée par titrage de l'acide lactique formé au moyen de soude N/10, en présence de bleu de bromothymol.

Résultats. — Les résultats que nous avons obtenus sont mentionnés dans le tableau et sur le graphique ci-dessous.

Pant. de Ca : néant.		Pant. de Ca : $0^{\mu g},005$ par cm³.		Pant. de Ca : $0^{\mu g},008$ par cm³.		Pant. de Ca : $0^{\mu g},050$ par cm³.		Pant. de Ca : $0^{\mu g},200$ par cm³.	
A. (mg).	B. (cm³).	A. (mg).	B. (cm³).	A. (mg).	B. (cm³).	A. (mg).	B. (cm³).	A. (mg).	B. (cm³).
0,1	1,5	0,1	3,6	0,1	7,4	0,1	7,7	0,1	7,9
1	1,4	1	3,6	1	7,4	1	7,7	1	7,8
10	1,1	10	1,3	10	3,3	10	7,4	10	7,9
50	0,8	50	0,9	50	1,0	50	7,6	50	7,9

A, Amide nicotinique par cm³; B, NaOH versée.

Le graphique indique, pour des doses croissantes de pantothénate de calcium, la quantité de soude versée par tube, en fonction de la teneur du milieu en amide nicotinique.



On voit que l'effet inhibiteur des fortes doses d'amide nicotinique se fait d'autant plus sentir que le milieu de base renferme moins de pantothénate de calcium; à partir d'une dose de ce dernier corps égale à $0^{\mu g},050$ par centimètre cube de milieu de base, cet effet est même complètement supprimé.

Conclusion. — L'acide pantothénique peut contrarier et même annuler l'effet inhibiteur que produisent de fortes doses d'amide nicotinique sur le développement de *Lactobacillus arabinosus.*

Rappelons que l'effet inhibiteur de ces fortes doses a déjà été signalé, mais

nullement expliqué, par Koser et Kasai ([4]) pour de nombreux autres microorganismes (*in vitro*), et par Chorine ([5]) pour le bacille tuberculeux (*in vitro* et *in vivo* chez le Cobaye), le bacille lépreux (*in vivo* chez le Rat), et plus généralement les bacilles du genre *Mycobacterium*. Il serait intéressant de savoir si, dans le cas général, cet effet inhibiteur est dû à un *blocage*, par l'amide nicotinique, de l'acide pantothénique du milieu de culture (ou de l'organisme animal infecté).

BACTÉRIOLOGIE. — *Lait de vache et bacille tuberculeux.*
Note (*) de M. **Jean Verge**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Depuis plus de dix années, nous avons entrepris, en France, de nombreuses recherches sur la présence du bacille tuberculeux dans le lait. Ces essais ont été réalisés dans des conditions fort variées : tantôt il s'est agi de laits *anonymes*, crus ou pasteurisés, dont la provenance nous était complètement inconnue et pour lesquels, par conséquent, nous ignorions complètement l'état de santé des vaches productrices; tantôt nous avons choisi et systématiquement interrogé des laits issus uniquement de vaches atteintes de tuberculose, les différentes formes de la maladie étant précisées ou confirmées par une sévère et minutieuse autopsie; tantôt enfin nous avons examiné le lait de vaches qui présentaient, sans aucun signe clinique de tuberculose, mammaire ou autre, une réaction positive à l'épreuve tuberculinique.

Nous avons adopté, pour déceler le bacille de Koch, dans ces laits, le procédé qui consiste en l'inoculation au Cobaye, par voie sous-cutanée à la face interne de la cuisse, du mélange homogène réunissant le culot de centrifugation du liquide et la crème surnageante.

Dans une première série d'épreuves nous avons étudié 116 laits de vache, mis en vente dans la région parisienne. Seize laits crus provenaient directement de différentes fermes de la banlieue; 100 laits, achetés dans les multiples succursales que les grandes firmes laitières ont établies à Paris et dans les villes avoisinantes, avaient subi au préalable la pasteurisation haute.

Malgré la sévérité des tests expérimentaux et la rigueur des recherches microscopiques, aucun animal n'est apparu infecté. Les diverses tuberculinations, les autopsies et les examens bactériologiques consécutifs se révélèrent toujours négatifs.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons examiné 53 laits crus provenant de vaches certainement atteintes de tuberculose. Nous avons voulu

---

([4]) *Journ. of Bacteriol.*, 54, 1947, p. 20.
([5]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 150.

(*) Séance du 18 août 1948.

déterminer ainsi en quelles proportions, dans quelles conditions et sous l'influence de quels facteurs, ces laits recélaient le Bacille de Koch et quelles relations existaient entre cette présence et les lésions authentiquement tuberculeuses.

Ces lésions affectaient en effet des expressions cliniques multiples et extrêmement dissemblables, allant de l'infection miliaire aiguë du poumon avec altération caséo-calcaire des ganglions rétromammaires à la tuberculose généralisée des différents organes et groupements ganglionnaires de l'économie.

Sur 53 laits crus interrogés, trois seulement, soit 5,66 %, renfermaient des Bacilles spécifiques. Dans deux cas il s'agissait de vaches présentant d'importantes lésions pleuro-pulmonaires ayant entraîné une saisie partielle de la cage thoracique. Dans le troisième cas, l'animal était atteint de banale tuberculose pulmonaire caséo-calcaire, associée aux lésions classiques des ganglions trachéo-bronchiques et médiastinaux.

Dans une troisième série de recherches, nous nous sommes efforcé de dépister le Bacille de Koch dans la sécrétion mammaire de 22 vaches présentant une réaction nettement positive à l'épreuve tuberculinique réalisée par voie intradermique (réaction de Moussu et Mantoux). Ces animaux ne montraient, par ailleurs, aucun signe clinique de tuberculose, soit au niveau de la mamelle, soit en d'autres points de l'organisme.

Malgré la conservation prolongée des cobayes inoculés, le bacille tuberculeux n'a pu être décelé dans aucun cas.

Résumé et conclusions. — En résumé sur 191 échantillons de laits de provenance connue (75 exemplaires) ou inconnue (116), crus (91) ou pasteurisés (100), récoltés ou bien chez des vaches spontanément tuberculeuses ou bien chez des sujets présentant une réaction positive à l'épreuve tuberculinique, trois seulement, soit 1,57 %, recélaient des bacilles tuberculeux.

Ces conclusions, pour rassurantes qu'elles soient, suggèrent cependant quelques réflexions, tout au moins en ce qui concerne l'espèce bovine :

1° La virulence des laits issus de vaches tuberculeuses est une virulence *à éclipses*, inconstante et irrégulière, variable avec la sévérité des lésions dont témoigne l'individu infecté.

2° La tuberculose miliaire aiguë, qui s'accompagne fréquemment de bactériémie, n'implique pas fatalement la virulence de la sécrétion mammaire.

3° Il y a lieu de proscrire de l'usage alimentaire *tout lait cru* provenant, soit d'animaux atteints de tuberculose cliniquement exprimée, quels que soient le siège et l'extension des lésions, soit de sujets accusant une réaction positive à l'épreuve révélatrice de tuberculine.

4° La question de la contamination tuberculeuse des laits ne représente, malgré son pressant intérêt, qu'un des aspects d'un problème beaucoup plus général et toujours en suspens, le vaste problème de la production hygiénique du lait.

5°. Enfin, insistons en terminant sur cette notion : *un lait sain ne saurait provenir que d'animaux sains, entretenus dans une étable saine et placés sous le contrôle direct et sous la surveillance étroite du vétérinaire.*

La séance est levée à 15h30m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1948 (*suite et fin*).

Remarque sur l'axiome du choix pour l'espace de fonctions continues, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait de *Rendiconti dell' Academia nazionale dei Lincei.* Vol. III. Série VIII. Fasc. III-IV, 1947; 1 feuille 25cm.

Le paradoxe de Hausdorff et le paradoxe de Banach et Tarski, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait de *Rendiconti dell' Academia nazionale dei Lincei.* Vol. IV. Série VIII. Fasc. III, 1948; 1 feuille 25cm.

Un théorème sur les espaces métriques denses en soi, par WACLAW SIERPINSKI,. Extrait de *Proceedings of the Benares Mathematical Society.* Nouvelle série. Vol. VII, n° 2, 1945; 1 fasc. 25cm.

Sur un problème de triades, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait des *Comptes rendus de la Société des sciences et des lettres de Varsovie.* XXXIII-XXXVIII, 1940-1945. Classe III; 1 fasc. 25cm.

Remarques sur les ensembles des nombres ordinaux de classes I *et* II, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait de *Revista de ciencias,* n° 429. Año XLI. Lima; 1 fasc. 25cm.

Stetigkeitsbegriff und Abstrakte mengenlehre, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Atti del IV congresso internazionale dei Matematici.* Vol. II. Roma, Tipografia della Reale Academia dei Lincei, 1909; 1 fasc. 26cm.

Sur la théorie ergotique, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Commentarii mathematici helvetici.* Vol. XVII, 1944-1945. Fasc. III. Editi Societate mathematicate helvetica in ædibus orell füssli Turici; 1 fas. 23cm.

Matematikai es Természettudományi ertesitö. *A Linear homogen integralegyenletröl,* par FRÉDÉRIC RIESZ. Budapest, 1909; 1 fasc. 23cm.

Id. — *Linearisfüggvényegyenletekröl,* par FRÉDÉRIC RIESZ. Budapest, 1917; 1 fasc. 23cm.

Id. — *Megadott Tagokkal Kerdödö Hatványsorokröl,* par FRÉDÉRIC RIESZ. Budapest. 1918; 1 fasc. 23cm.

Über Integration unendlicher Folgen, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung.* XXVI, 1917, Heft 9/12; 1 fasc. 23cm.

A Linearis operaciok altalanos elméletének néhány alapvetö fogalomalkotásárol, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Különlenyonnat a Matematikai ès Termeszettudomanyi ertesitö.* Budapest, 1937; 1 fasc. 23cm.

Az ergodikus elmélet néhány Kerdéséröl, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Matematikai es* FISIKAÏ LAPOK, XLIX. Budapest, 1942; 1 fasc. 23cm.

Sur l'existence de la dérivée des fonctions d'une variable réelle et des fonctions d'intervalle, par FRÉDÉRIC RIESZ. Zurich und Leipzig, Orell Füssli verlag, 1932; 1 fasc. 24cm.

Acta litteratum ac scientiarum regiæ universitatis hungaricæ francisco-Josephinæ. Sectio

Scientarum mathematicarum. Tome II. Fasc. II, 1925; *Uber subharmonische Funktionen und ihre Rolle in der Funktionentheorie und in der Potentialtheorie*. Tome III. Fasc. IV, 1927: *Sur la formule d'inversion de Fourier*. Tome IV. Fasc. II, 1928: *Sur la convergence en moyenne*. Tome V. Fasc. III-IV, 1932; *Sur l'existence de la dérivée des fonctions monotones et sur quelques problèmes qui s'y rattachent*. Tome VI. Fasc. II-III, 1933; *Ueber Sätze von Stone und Bochner*. Tome VII. Fasc. I, 1934: *Zur Theorie des Hilbertschen Raumes*. Tome VII. Fasc. III, 1935; *Sur les fonctions des transformations hermitiennes dans l'espace de Hilbert*. Tome IX. Fasc. III, 1939; *Sur le théorème de Jordan*. Tome X. Fasc. I, 1941; *Sur la théorie ergodique des espaces abstraits*. Id. — *Another proof of the mean ergodic theorem*. Tome X. Fasc. III-IV, 1943; *Über Kontraktionen des Hilbertschen Raumes*, par FRÉDÉRIC RIESZ. Szegead; 1 fasc. 24cm,5.

Ueber quadratische Formen von unendlich vielen Veränderlichen, von FRIEDRICH RIESZ, 1910; 1 fasc. 25cm.

Mathematische Zeitschrift. Band. 18. Heft 1/2. *Über eine verallgemeinerung der Parsevalschen Formel*. — *Ueber die Randwerte einer analytischen Funktion*, par FRIEDRICH RIESZ. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1923; 2 fasc. 23cm.

Végtelen Sorozatok integrálásáról, par FRÉDÉRIC RIESZ; 1 fasc. 23cm,5.

Analytikus függvény Kerületi értékeiröl, par FRÉDÉRIC RIESZ; 1 fasc. 23cm.

Mathematische Annalen. Band LXIX. Heft 4, 1910; *Untersuchungen über Systeme integrierbarer Funktionen*, von FRIEDRICH RIESZ; 1 fasc. 24cm,5.

A Linearis fuggvényoperációk Szetboutasarol, par FRÉDÉRIC RIESZ; 1 fasc. 23cm.

Elementarer Beweis des Egoroffschen Satzes, von FRIEDRICH RIESZ. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., 1928; 1 fasc. 23cm.

Eine Ungleichung für harmonische Funktionen, von FRIEDRICH RIESZ. Leipzig und Wien, Akademische verlagsgesellschaft m. b. H., 1936; 1 fasc. 23cm.

Sur l'approximation des fonctions continues et des fonctions sommables, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Bulletin of the Calcutta Mathematical Society*. Vol. XX, 1928-1929. Calcutta, University Press, 1930; 1 fasc. 23cm.

Jelentes az 1924. *Evi König gyula Jutalouwol*, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Mathematici of Physikai Lopok* XXXII, 1924; 1 fasc. 23 cm.

Über die erste Randwertaufgabe für $\Delta u = 0$, von FRIEDRICH RIESZ, 1924; 1 feuille 23cm.

Elemi modszerek a felsöbb mathematikában, par FRÉDÉRIC RIESZ. Budapest, 1926; 1 fasc. 23cm.

Über die Randwerte einer analatischen Funktion, von FRIEDRICH RIESZ. Extrait du *quatrième congrès des mathématiciens scandinaves à Stockholm*, 1916; 1 fasc. 23cm.

Sur une inégalité de M. Littlewood dans la théorie des fonctions. — *Sur un théorème de maximum de MM. Hardy et Littlewood*, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extraits de *Records of Proceedings at the meeting of the London Mathematical Society*, 1924; 2 feuilles 26cm.

Sur la décomposition des opérations fonctionnelles linéaires, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Atti del Congresso internazionale dei Matematici*. Bologne, 1928; 1 feuille, 26cm.

Sur les points de densité au sens fort, par FRÉDÉRIC RIESZ. Fxtrait de *Fundamenta mathematicæ*. Warszawa, Universytet, Seminaryum matematyczne, 1934; 1 fasc. 26cm.

Sur une inégalité intégrale, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Journal of the London Mathematical Society*, Vol. V. Part 3; 1 fasc. 26cm.

Sur queques notions fondamentales dans la théorie générale des opérations linéaires, par FRÉDÉRIE RIESZ. Extrait de *Annals of mathematics*. Vol. XLI, n° 1, 1940; 1 fasc. 26cm,5.

Sur l'intégrale de Lebesgue comme l'opération inverse de la dérivation, par FRÉDÉRIC RIESZ. Extrait de *Annali della R. Scuola Normale Superiore di Pisa*. Série II. Vol. V, 1936-XIV; 1 fasc. 26cm.

The integral représentation of unbounded self-adjoint Transformations in Hilbert Space, by Frederick Riesz and E. R. Lorch. Extrait de *Transactions of the American Mathematical Society*. Vol. XXXIX, n° 2, 1936; 1 fasc. 27cm,5.

Sur certains systèmes singuliers d'équations intégrales, par Frédéric Riesz, in *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. 28cm.

Démonstration d'un théorème concernant les opérations, par Frédéric Riesz. in *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 fasc. 28cm.

Über ein Problem des Herrn Carathéodory, von Friedrich Riesz. Extrait de *Journal für die reine und angewandte Mathematik;* 1 fasc. 29cm.

Acta Mathematica. Tome XLI : *Über Lineare Funktionalgleichungen*. Tome XLII. — *Sur l'intégrale de Lebesgue*. Tome XLII. — *Über Potenzreihen mit vorgeschriebenen anfangsgliedern*. Tome LIV. — *Sur les fonctions subharmoniques et leur rapport à la théorie du potentiel*, par Frédéric Riesz; 4 fasc. 30cm.

ERRATA.

(Séance du 16 février 1948.)

Note de M. *Nachman Aronszajn*, Propriétés de certaines classes hilbertiennes complétées :

Page 700, ligne 29; page 701, ligne 2 et ligne 8, *au lieu de* $\mathfrak{A}_{n-3}$, *lire* $\mathfrak{A}_{n-4}$;

» 701, les théorèmes A_1 et A_2 sont *à remplacer* par :

Théorème A_1. — *Pour que* $f \in \overline{F}_1$, *il faut et il suffit que* : 1° f *soit définie (et finie) dans* E + C exc. $\mathfrak{A}_{n-2}$; 2° *pour tout* $\varepsilon > 0$, *il existe une suite au plus dénombrable des sphères* $U(p_k, \rho_k)$ *avec* $\rho_k < \varepsilon$, $\Sigma\rho_k^{n-2+\varepsilon} < \varepsilon$, *en dehors desquelles* f *soit continue;* 3° *pour tout* $k = 1, 2, \ldots, n$ *et tout* $x'_k \equiv (x_1, \ldots, x_{k-1}, x_{k+1}, \ldots, x_n)$ *en dehors d'un ensemble de mesure* $(n-1)$-*dimensionnelle nulle*, $f(x) \equiv f(x_1, \ldots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \ldots, x_n)$ *soit absolument continue comme fonction de* x_k; 4° *les conditions* (1) *de* AIII *soient remplies.*

Théorème A_2. — *Pour que* $f \in \overline{F}_2$, *il faut et il suffit que* : 1° f *soit définie dans* E + C exc. $\mathfrak{A}_{n-4}$ *et* $= 0$ *sur* C exc. $\mathfrak{A}_{n-4}$; 2° *pour tout* $\varepsilon > 0$, *il existe une suite au plus dénombrable des sphères* $U(p_k, \rho_k)$ *avec* $\rho_k < \varepsilon$, $\Sigma\rho_k^{n-4+\varepsilon} < \varepsilon$, *en dehors desquelles* f *soit continue;* 3° *pour tout* k *et tout* $x'_k \equiv (x_1, \ldots, x_{k-1}, x_{k+1}, \ldots, x_n)$ exc. $\mathfrak{A}_{n-2}$, $f(x)$ *soit absolument continue comme fonction de* x_k; 4° *pour tout* k *et tout* x'_k, *en dehors d'un ensemble de mesure* $(n-1)$-*dimensionnelle nulle*, $f'_{x_k}(x)$ *soit absolument continue sur tout segment* $a_k \leqq x_k \leqq b_k$ *contenu dans* E; 5° *pour tout* k, *les dérivées secondes* $\partial^2 f / \partial x_k^2$ *soient intégrables dans tout domaine complètement intérieur à* E; 6° *la condition* (2), 2° *de* AIII *soit remplie* (3).

Page 701, Note (3), *au lieu de* 3° et 4°, *lire* 4° et 6°;

» 702, ligne 1, *au lieu de* $\Sigma\rho_k^{n-2+\varepsilon} < \varepsilon$, *lire* $\rho_k < \varepsilon$, $\Sigma\rho_k^{n-2+\varepsilon} < \varepsilon$;

» » » 7, *au lieu de* $\Sigma\rho_k^{n-3+\varepsilon} < \varepsilon$, *lire* $\rho_k < \varepsilon$, $\Sigma\rho_k^{n-4+\varepsilon} < \varepsilon$;

» » » 8, *au lieu de* $\Sigma(\rho'_k)^{n-2+\varepsilon} < \varepsilon$, *lire* $\rho'_k < \varepsilon$, $\Sigma(\rho'_k)^{n-2+\varepsilon} < \varepsilon$;

» » » 16, *au lieu de* $h = O$, *lire* $h = 0$;

» » » 17, *au lieu de* $\mathfrak{A}_{n-3}$, *lire* $\mathfrak{A}_{n-4}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AOUT 1948.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Action d'une variation du nombre des grandeurs choisies comme principales sur les variables de Vaschy.* Note (*) de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Terminologie. — On se plaît à confondre sous la dénomination de *grandeurs fondamentales* les grandeurs directement mesurables ou non ([1]) auxquelles on fait jouer un rôle particulier dans les calculs; c'est, une fois de plus, faire primer une catégorisation humaine sur une catégorisation naturelle, et cela fausse complètement la signification de nos images noocosmiques ([2]) des réalités physiques.

Je réserverai la dénomination de *fondamentales* aux trois grandeurs directement mesurables ([3]), et nommerai *principales* celles auxquelles le mathématicien *peut, s'il le désire,* faire jouer un rôle particulier dans ses calculs, qu'elles soient directement mesurables ou non.

I. Considérons un phénomène physique dans lequel interviennent n grandeurs physiques $G_1, G_2, \ldots, G_n$; cela veut dire que, si nous donnons des valeurs déterminées $g_1, g_2, \ldots, g_{n-1}$ à $(n-1)$ d'entre elles, la $n^{\text{ième}}$, G_n, prendra une valeur déterminée g_n, les g représentant ainsi des *mesures*.

Pour calculer les variables ϖ de Vaschy dans le cas où les trois grandeurs fondamentales L, M, T sont prises comme principales, disposons nos paramètres, leurs dimensions α, β, γ, et leurs exposants x_j, y_j, z_j, a_j inconnus,

---

(*) Séance du 18 août 1948.

([1]) Au sens défini dans l'*Analyse dimensionnelle,* n° 4-2, p. 37.

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 606.

([3]) *Comptes rendus,* **225**, 1947, p. 608.

dans les ϖ, en un tableau comme je l'ai indiqué ([4]).

$$(1)\qquad \begin{array}{cccc} g_1 & g_2 & g_3 & g_j \\ \hline L^{\alpha_1} & L^{\alpha_2} & L^{\alpha_3} & L^{\alpha_j} \\ M^{\beta_1} & M^{\beta_2} & M^{\beta_3} & M^{\beta_j} \\ T^{\gamma_1} & T^{\gamma_2} & T^{\gamma_3} & T^{\gamma_j} \\ \hline x_j & y_j & z_j & a_j \end{array} \qquad (j=4, 5, 6, \ldots, n).$$

Ne considérant que des ϖ principaux, pour lesquels $a_j = 1$, leur formule générique sera

$$(2)\qquad \varpi_j = g_1^{x_j} g_2^{y_j} g_3^{z_j} g_j$$

et, comme ils sont dénués de dimensions, nous aurons les trois équations linéaires

$$(3)\qquad \begin{cases} \alpha_1 x_j + \alpha_2 y_j + \alpha_3 z_j + \alpha_j = 0, \\ \beta_1 x_j + \beta_2 y_j + \beta_3 z_j + \beta_j = 0, \\ \gamma_1 x_j + \gamma_2 y_j + \gamma_3 z_j + \gamma_j = 0; \end{cases}$$

leur solution est

$$(4)\qquad x_j = \frac{-\begin{vmatrix} \alpha_j & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_j & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_j & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}}, \qquad y_j = \frac{-\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_j & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_j & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_j & \gamma_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}}, \qquad z_j = \frac{-\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_j \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_j \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_j \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}},$$

dont nous appellerons $\Delta \neq 0$ le dénominateur commun.

Ce résultat dépend visiblement des grandeurs qui ont été mises en évidence; on peut démontrer qu'il est indépendant du choix des grandeurs principales. Le raisonnement ci-dessus s'étend facilement à un nombre quelconque de grandeurs principales ([5]).

II. Supposons maintenant que nous prenions quatre grandeurs principales, il nous faudra récrire le tableau (1) en y mettant quatre grandeurs en évidence : G_1, G_2, G_3 et G_4 par exemple.

Nous savons que les ϖ que nous obtiendrons seront les mêmes, quelles que soient les grandeurs principales; choisissons donc L, M, T et précisément G_4. Cette dernière étant considérée comme principale, ne sera fonction d'aucune

---

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1937. L'auteur s'excuse d'une erreur qui ne figurait pas sur les épreuves; M de droite à transposer d'une colonne vers la droite.

([5]) *L'Analyse dimensionnelle*, n° 34, p. 131. La démonstration peut se faire plus élégamment par les déterminants, ce qui en procure la généralisation immédiate.

autre et le tableau devient

(5)
$$\begin{array}{ccccc} g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_j \\ \hline L^{\alpha_1} & L^{\alpha_2} & L^{\alpha_3} & L^0 & L^{\alpha'_j} \\ M^{\beta_1} & M^{\beta_2} & M^{\beta_3} & M^0 & M^{\beta'_j} \\ T^{\gamma_1} & T^{\gamma_2} & T^{\gamma_3} & T^0 & T^{\gamma'_j} \\ G_4^0 & G_4^0 & G_4^0 & G_4^1 & G_4^{\delta_j} \\ \hline x'_j & y'_j & z'_j & u_j & 1 \end{array} \qquad (j=5,\ 6,\ 7,\ \ldots,\ n).$$

Nous voyons que le déterminant du quatrième degré, Δ_2, caractérisque du tableau des exposants, sera

(6)
$$\Delta_2 = 1 \times \Delta,$$

dénominateur commun de x'_j, y'_j, z'_j et u_j.

Nous ne saurions aller plus loin par des considérations purement mathématiques; il nous faut supposer que, *physiquement*, l'un des G puisse être considéré comme une fonction de L, M, T et G_4.

Supposons que ce soit G_5; il existe alors une relation

(7)
$$G_5 = L^{\alpha'_5} M^{\beta'_5} T^{\gamma'_5} G_4^{\delta_5},$$

et les exposants ci-dessus seront liés à ceux de (1) par les relations

(8)
$$\alpha'_5 = \alpha_5 - \delta_5 \alpha_4; \qquad \beta'_5 = \beta_5 - \delta_5 \beta_4, \qquad \gamma'_5 = \gamma_5 - \delta_5 \gamma_4.$$

Les numérateurs de x'_5, y'_5, z'_5, u_5 se réduisent comme l'avait fait Δ_2, à des déterminants du troisième degré :

(9)
$$-\begin{vmatrix} \alpha'_5 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta'_5 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma'_5 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}, \qquad -\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha'_5 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta'_5 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma'_5 & \gamma_3 \end{vmatrix}, \qquad -\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha'_5 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta'_5 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma'_5 \end{vmatrix}, \qquad -\delta_5 \Delta;$$

x'_5, y'_5, z'_5 ont donc une expression analogue à celle des x, y, z, où les indices $_j$ sont remplacés par les $'_5$ et les expressions (8) nous montrent que les déterminants numérateurs (9) peuvent être décomposés chacun en une différence de deux déterminants.

Écrivons

(10)
$$\varpi_4 = g_1^{x_4} g_2^{y_4} g_3^{z_4} g_4,$$

(11)
$$\varpi_5 = g_1^{x_5} g_2^{y_5} g_3^{z_5} g_5,$$

(12)
$${}_4\varpi_5 = g_1^{x'_5} g_2^{y'_5} g_3^{z'_5} g_4^{u_5} g_5;$$

effectuant les différences de déterminants ci-dessus, et le dénominateur commun étant Δ pour tous, on est conduit à

(13)
$$x'_5 = x_5 - \delta_5 x_4, \qquad y'_5 = y_5 - \delta_5 y_4, \qquad z'_5 = z_5 - \delta_5 z_4, \qquad u_5 = -\delta_5.$$

Nous avons donc

$$(14)\qquad {}_4\varpi_5 = g_1^{x_5-\delta_5 x_4}\, g_2^{y_5-\delta_5 y_4}\, g_3^{z_5-\delta_5 z_4}\, g_4^{-\delta_5}\, g_5$$

et finalement,

$$(15)\qquad {}_4\varpi_5 = \varpi_4^{-\delta_5}\,\varpi_5.$$

On appliquera facilement ce qui précède au cas classique où, dans un problème, on veut introduire les quantités de chaleur Q comme entités *sui-generis :*

Supposons par exemple, que les grandeurs en jeu soient écrites dans l'ordre θ (température absolue), l (longueur), w (vitesse), Q (quantité de chaleur), dQ/dt (flux de chaleur) et les grandeurs principales dans l'ordre L, M, T, Q; on trouvera, dans le système L, M, T, où θ et Q ont, tous deux, les dimensions L^2MT^{-2} d'un travail,

$$(16)\qquad \varpi_4 = Q.\theta^{-1},\qquad \varpi_5 = \frac{\dfrac{dQ}{dt}\,l}{\theta w}$$

et dans le système L, M, T, Q,

$$(17)\qquad {}_4\varpi_5 = \varpi_5\,\varpi_4^{-1} = \frac{\dfrac{dQ}{dt}\,l}{\theta w}\,\frac{\theta}{Q}.$$

J'aurai l'occasion de reprendre cet exemple ailleurs.

On voit une fois de plus qu'un semblable résultat ne peut s'obtenir qu'à partir de considérations *physiques*, et non pas de considérations purement mathématiques où l'on s'obstine en cette matière.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement théorique et médian dans un rotor à palettes radiales.* Note de M. **Maurice Roy**.

1. Considérons, dans son plan de symétrie $z = 0$, le flux relatif et permanent d'un *liquide*, sans viscosité ni action massique, à travers un rotor tournant à vitesse ω uniforme ($\omega > 0$) autour de son axe z, rotor à N palettes planes, rayonnantes et espacées de $2\pi/N$ entre les cylindres de rayons r_1 et r_2. Admettons que, sur le parallèle extérieur $r = r_2$ et au voisinage du plan $z = 0$, les lignes de courant soient parallèles au dit plan. Les flasques, symétriques par rapport au plan $z = 0$ et qui limitent latéralement le rotor, sont tangents, sur le parallèle $r = r_2$, à deux plans $z = \pm$ const., mais leur coupe par tout cylindre de rayon $r \neq r_2$ est une ligne ondulée, de période $2\pi/N$, et non un cercle.

Le tourbillon *absolu* est supposé nul par le théorème de Lagrange, donc la constante de Bernoulli uniforme dans le flux relatif permanent.

Dans le plan médian $z = 0$, plan de la variable complexe $z' = x + iy = re^{i\theta}$, la vitesse relative, de composantes axiale w_z, radiale w_r et tangentielle (directe) w_τ, vérifie les trois équations (irrotationnalité absolue, continuité,

symétrie)

$$(1)\qquad \frac{\partial w_\tau}{\partial r}+\frac{w_\tau}{r}-\frac{\partial w_r}{\partial \tau}+2\omega=0;\qquad \frac{\partial w_z}{\partial z}+\frac{\partial w_r}{\partial r}+\frac{w_r}{r}+\frac{\partial w_\tau}{\partial \tau}=0;\qquad w_z\equiv 0.$$

2. On satisfera à (1) et aux conditions aux limites du problème en superposant *dans le plan médian* : *a.* le mouvement plan, de rotation uniforme $-\omega$ autour de l'axe z; *b.* un mouvement plan (à accent simple), irrotationnel et à divergence nulle, dérivant d'un potentiel complexe $f(z')$; *c.* un mouvement radial (à accent double), aussi irrotationnel et de même débit que le mouvement d'ensemble (à travers le cylindre r_2 et entre deux plans parallèles, de cote $z=\pm\varepsilon$, ε petit).

Pour simplifier, on suppose ici le courant (c) obtenu par deux sources ponctuelles, de cotes ($z=\pm 2r_2$; $r=0$) et de débit-volume Q, et par deux anneaux-puits, circulaires et uniformes, de cotes ($z=\pm 2r_2$; $r=r_2$) et de débit total Q′ négatif et tel que l'écoulement radial soit parallèle au plan $z=0$ pour $z=\pm\varepsilon$ et $r=r_2$. Un anneau-source, à l'infini du plan $z=0$, contribue à ce courant (c), dont les vitesses sont, avec $\zeta=r/r_2$:

$$(2)\quad w''_z\equiv w_z,\qquad w''_r=\frac{Q}{2\pi r_2^2}\left[\frac{\zeta}{(4+\zeta^2)^{\frac{3}{2}}}-\frac{1,254}{\pi}\int_0^\pi\frac{\zeta-\cos\alpha}{[5-2\zeta\cos\alpha+\zeta^2]^{\frac{3}{2}}}\,d\alpha\right],\qquad w''_\tau\equiv 0.$$

Le courant (b) doit satisfaire à $w'_\tau=\omega r$ sur les deux faces des palettes radiales; d'où, sur cette frontière, une valeur donnée $-\omega r^2$ pour la partie imaginaire de $g(z')\equiv z'\,df/dz'=r(w'_r-iw'_\tau)$.

La transformation conforme

$$(3)\qquad 2z'^{N}=\frac{\beta^2+a^2}{\beta}+Z+\frac{a^2}{Z},\qquad\text{avec}\quad \frac{\beta^2+\alpha^2}{\beta}=r_2^N+r_1^N;\qquad 2a=r_2^N-r_1^N,$$

fait correspondre le plan z', coupé par les palettes radiales, au plan $Z\equiv Re^{i\Theta}=\mu a e^{i\Theta}$, troué par le cercle $|\mu|=1$. Au centre $z'=0$ du rotor primitif correspond $Z=-\beta$; les moitiés supérieure ($0\leqq\Theta\leqq\pi$) et inférieure ($\pi\leqq\Theta\leqq 2\pi$) de la circonférence $|\mu|=1$ correspondent aux faces AV et AR des palettes dans le sens de la rotation $\omega(\omega>0)$.

Par (3), $g(z')$ devient G(Z), où la *circulation autour du cercle* $|\mu|=1$, donc d'une palette, est disponible pour que w'_r s'annule au bord extérieur ($r=r_2$) ou intérieur ($r=r_1$) de la palette, c'est-à-dire pour $\Theta=0$ ou π.

On obtient ainsi, pour le courant (b) où $w'_z\equiv 0$, avec $\lambda=r_2/r_1$ et $\mu>1$:

$$(4)\begin{cases} r(w'_r-iw'_\tau)=G(Z)=\omega r_1^2\left[\dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int_0^\pi[1+(\lambda^N-1)\cos^2\nu]^{\frac{2}{N}}\dfrac{2\mu\sin(2\nu-\Theta)-i(\mu^2-1)}{1-2\mu\cos(2\nu-\Theta)+\mu^2}d\nu+kH\right];\\[2ex] k=\dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int_0^\pi[1+(\lambda^N-1)\cos^2\nu]^{\frac{2}{N}-1}d\nu;\\[2ex] \begin{cases} H=\dfrac{-2\mu\sin\Theta+i(\mu^2-1)}{1+2\mu\cos\Theta+\mu^2},\quad\text{ou}\quad H=\lambda^N\dfrac{2\mu\sin\Theta+i(\mu^2-1)}{1-2\mu\cos\Theta+\mu^2},\\ \text{si}\quad w'_r=0\quad\text{pour}\quad\Theta=0\quad\text{ou}\quad\pi.\end{cases}\end{cases}$$

Par (2) et (4) et par addition des écoulements (a), (b) et (c), on obtient le *courant relatif et permanent cherché,* soit

$$w_z = w''_z \equiv 0; \qquad w_r = w'_r + w''_r; \qquad w_\tau = -\omega r + w'_\tau.$$

3. En particulier, *sur les faces* AV *et* AR *des palettes* ($\mu \to 1$), où (4) ne s'applique qu'avec les précautions d'usage, on a $w_\tau \equiv 0$ par définition et, selon que w'_r est nul sur l'arête extérieure ou intérieure,

$$(5) \quad \begin{cases} \lambda^2 \zeta \psi'_1 = h - k \operatorname{tg} \dfrac{\Theta}{2}, \qquad \text{ou} \qquad \lambda^2 \zeta \psi'_1 = h + \lambda^N k \cot \dfrac{\Theta}{2}; \\ \text{avec} \quad \psi'_1 = \left(\dfrac{w'_r}{\omega r_2} \right)_{\mu \to 1} \qquad \text{et} \qquad h = \dfrac{1}{\pi} \displaystyle\int_0^\pi [1 + (\lambda^N - 1) \cos^2 v]^{\frac{2}{N}} \cot \left(v - \dfrac{\Theta}{2} \right) dv. \end{cases}$$

En ajoutant alors le courant radial donné par (2), centrifuge ou centripète selon le signe $\pm$ de Q, on obtient la *distribution de w sur les faces* AV *et* AR *des palettes.*

4. Si l'*arête intérieure* est point neutre ($w'_r = 0$, w_r fini), il existe un second point neutre très rapproché. Alors, sur la quasi-totalité des faces de palette, la vitesse radiale est extrêmement grande, même pour un coefficient de débit $\delta = Q/2\pi r_2^3 \omega$ petit : le flux devrait donc contourner la palette pour refluer sur presque toute sa longueur.

Physiquement et tant que $|\delta|$ n'est pas très grand, l'hypothèse d'un *point neutre à l'arête extérieure* est plus vraisemblable, même lorsque cette arête fonctionne en bord d'attaque pour un flux centripète (la meilleure image de la réalité correspond sans doute à un cas assez proche de cette hypothèse-limite).

Dans cette hypothèse, on note que le second point neutre se déplace très rapidement vers l'arête intérieure dès que δ dépasse un certain *seuil.* Par exemple, pour $\lambda = 2$ et $N = 12$, si δ passe de 10,5 à 30,5, ce point neutre reflue de 90 % *à* 10 % *de la longueur radiale de la palette* (face AV ou AR, selon que le flux est centrifuge ou centripète).

Cette évolution de l'écoulement en fluide *parfait* est à rapprocher de l'existence du *seuil de pompage en fluide réel :* si, pour une différence donnée de pression moyenne entre $r = r_2$ et $r = 0$, le débit centrifuge devient trop faible, l'écoulement théorique ci-dessus perd toute vraisemblance physique et il s'y substitue un écoulement centripète, avec inversion du rôle des faces AV et AR, donc du couple exercé par le flux sur la roue. En fluide réel, ce flux est lui-même instable et l'écoulement vrai doit osciller ainsi entre deux formes instables et presque inverses, avec décollement accentué dans chaque cas sur le bord d'attaque.

Le problème résolu ci-dessus paraît *susceptible de guider l'étude théorique du pompage,* accompagnée de la visualisation des écoulements envisagés pour apprécier sa correspondance avec la réalité physique.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la notion de facteur commun en analyse factorielle générale.* Note de M. **Maurice Girault**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On sait que l'analyse factorielle classique se propose de reproduire des liaisons stochastiques entre variables aléatoires en considérant celles-ci comme des combinaisons linéaires de variables aléatoires indépendantes. On peut généraliser ce point de vue en remplaçant les fonctions linéaires par des fonctions plus générales, astreintes toutefois à des conditions de régularité.

Dans le cas le plus simple de l'analyse factorielle linéaire, les variables liées stochastiquement sont mises sous la forme

$$(1) \qquad \begin{cases} x = a + b, \\ y = a + c, \end{cases}$$

a, b, c étant indépendantes, x et y sont alors *toujours* des variables dépendantes, a est appelé le facteur commun.

La généralisation de (1) prendra la forme, où F et G sont régulières,

$$(2) \qquad \begin{cases} x = F(a, b), \\ y = G(a, c), \end{cases}$$

x et y seront alors en général dépendantes.

Mais le fait nouveau, et le but de cette Note est de le montrer, c'est qu'il peut arriver, malgré la présence du facteur commun a, que x et y seront indépendantes, si les fonctions F et G sont convenablement choisies.

Exemple. — a, b, c seront supposées indépendantes et à densité de probabilité constante dans l'intervalle -1, $+1$. Prenons

$$(3) \qquad \begin{cases} x = ab, \\ y = \dfrac{2}{a} - \dfrac{1}{a}\sqrt{4 + a^2 - 4ac} \end{cases} \quad \text{(radical pris toujours avec le signe } +\text{)};$$

x varie alors de -1 à $+1$. Dans le plan des a, b, les courbes $x = \text{const.}$ sont des morceaux d'hyperbole.

y varie aussi de -1 à $+1$. Les courbes $y = \text{const.}$ sont, dans le plan des a, c, des morceaux des droites

$$c = \frac{a}{4}(1 - y^2) + y.$$

Dans ces conditions, on calcule aisément les probabilités

$$P[x < X], \qquad P[y < Y], \qquad P[x < X, y < Y].$$

Si $f_1(aX)$ est la mesure du segment parallèle à ob, d'abscisse a contenu dans le domaine $x < X$, on aura

$$P(x<X)=\frac{1}{4}\int_{-1}^{+1} f_1(aX)\,da=\frac{1+X+\log\left(\frac{1}{X}\right)X}{2} \qquad (X>0).$$

De même, avec des notations évidentes,

$$P[y<Y]=\frac{1}{4}\int_{-1}^{+1} g_1(aY)\,da=\frac{1+Y}{2},$$

$$P[x<X,\,y<Y]=\frac{1}{8}\int_{-1}^{+1} f_1(aX)\,g_1(aY)\,da.$$

On voit aisément que cette dernière expression est égale au produit des deux premières.

Par conséquent, les variables aléatoires a et y sont indépendantes.

Remarques générales. — On voit immédiatement que la condition d'indépendance dans les conditions des équations (2) est que la valeur moyenne d'un produit soit égale au produit des valeurs moyennes

$$E[f_1(aX)\,g_1(aY)]=E[f_1(aX)]\times E[g_1(aY)].$$

Si l'on introduit les différences

$$f(aX)=f_1(aX)-E(f_1),$$
$$g(aY)=g_1(aY)-E(g_1),$$

la condition, nécessaire et suffisante, devient

$$E(f\times g)=0.$$

Or, il suffit d'imposer les conditions

$$f(a,\,X)=\ \ f(-a,\,X),$$
$$g(a,\,Y)=-g(-a,\,Y),$$

pour que cette condition soit remplie, a variant de -1 à $+1$.

La première condition exprime une symétrie par rapport à l'axe $a=0$. La deuxième exprime une symétrie par rapport à un point de cet axe.

L'exemple qui a été donné est construit de manière à présenter cette disposition.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements tayloriens d'une fonction.* Note de M. **André Roussel**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit $g(x,\,h)$ une fonction des deux variables complexes x et h, holomorphe dans le domaine formé par l'ensemble de deux cercles C et C′, de rayons R

et R′ tracés respectivement dans les plans complexes x et h, avec pour centres les points $x=a$ et $h=0$.

Nous supposons que g s'annule identiquement avec h. Considérons le développement suivant, illimité dans les deux sens

$$(1)\qquad \sum_{m=1}^{+\infty} g_{-m}(x, h) + g(x, h) + \sum_{m=1}^{+\infty} g_n(x, h)$$

obtenu, à partir de g de la façon suivante :

Un terme de rang positif g_n s'obtient en intégrant successivement n fois g par rapport à h de 0 à h, puis en dérivant n fois par rapport à x le résultat ainsi obtenu. Un terme de rang négatif g_{-m} s'obtient en dérivant m fois g par rapport à h, puis en intégrant successivement m fois par rapport à x de a à x, et en retranchant enfin de la fonction ainsi obtenue sa propre valeur pour $h=0$. J'ai démontré que si :

$$|x-a|+|h|\leq \rho,$$

où ρ est un nombre positif inférieur à R et R′, le développement (1) était absolument et uniformément convergent et avait pour somme l'accroissement de la fonction

$$(2)\qquad f(x)=g(a, x-a)+\int_0^{x-a} g'_x(x-t, t)\, dt.$$

Si dans (1) on remplace x par a et h par $x-a$, on obtient pour $f(x)$ le développement suivant :

$$(3)\qquad f(x)-f(a)=g(a, x-a)+\sum_{1}^{+\infty} g_n(a, x-a),$$

les termes de rang négatifs dans (1) s'annulant alors.

Inversement, donnons-nous une fonction $f(x)$ holomorphe dans le domaine du point a. *Proposons-nous de mettre cette fonction sous la forme d'un développement du type* (3). Le problème est possible d'une infinité de façons. Nous dirons que de tels développements sont des *développements tayloriens de* $f(x)$. La question revient à déterminer les fonctions $g(x, h)$ telles que

$$(4)\qquad g(a, x-a)+\int_0^{x-a} g'_x(x-t, t)\, dt=f(x)-f(a),$$

l'inconnue étant ici $g(x, h)$ et $f(x)$ étant donnée. *Ce problème revient à la résolution d'une équation intégrale d'un type classique*. Donnons-nous arbitrairement un noyau $K(s, t)$, holomorphe dans le voisinage de $s=0$, $t=0$. Soit $u(s)$ la solution de l'équation intégrale

$$(5)\qquad u(s)-\int_0^{s} K(s, t)\,u(t)\, dt=f(a+s)-f(a).$$

On voit facilement que la solution de (4) est donnée par

$$(6)\qquad g(x, h) = -u(h)\int_{h}^{x-a+h} \mathrm{K}(\sigma, h)\,d\sigma + u(h).$$

D'où pour $f(x)$ un développement taylorien correspondant, l'accroissement de cette fonction étant donné par (1). Ces résultats généralisent le théorème classique de Taylor qui se retrouve comme cas particulier. En effet, en supposant $f'(a) \neq 0$, posons

$$\mathrm{K}(s, t) = -\frac{f''(a+s-t)}{f'(a)},$$

la solution de (5) est alors

$$u(s) = f'(a)s,$$

d'où par (6)

$$g(x, h) = hf'(x).$$

Le développement correspondant (1) est alors le développement classique de Taylor donnant l'accroissement de f, le développement analogue (3) étant celui de cette fonction suivant les puissances entières et positives de $x-a$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété de certaines équations fonctionnelles*. Note (*) de M. **Yves Rocard**, transmise par M. Henri Villat.

Considérons l'équation

$$(1)\qquad \frac{dy}{dt} + ay_{(t-\tau)} = 0,$$

a et τ étant des constantes réelles positives. Elle évoque l'idée de phénomènes dont la vitesse à l'instant t est réglée par une quantité existant à l'instant $t-\tau$, τ étant un délai (délai de fabrication, retard dû à une administration, temps nécessaire à la nature pour faire pousser une récolte, etc.) et l'on conçoit que l'étude des phénomènes économiques et sociaux amène des équations de ce genre :

Ainsi, la quantité dy des recherches entreprises ($dy > 0$) ou arrêtées ($dy < 0$) par exemple dans tel grand Ministère dans le temps dt, est proportionnelle au nombre des études dont on voit se dessiner les résultats au bout d'un temps τ, avec un coefficient $-a$ plutôt grand, parce qu'on a très envie de recherches, mais négatif, parce que les résultats des recherches n'incitent guère à en entreprendre de semblables, d'où

$$dy = -ay_{(t-\tau)}\,dt,$$

ce qui donne l'équation (1).

(*) Séance du 18 août 1948.

Une étude élémentaire montre que cette équation a des solutions stables (amorties après une excitation) pour $a\tau < \pi/2$ et instables pour $a\tau > \pi/2$. L'histoire des recherches dans l'Aéronautique confirme bien que des cas instables existent.

Une généralisation immédiate fait intervenir une distribution $f(\tau)$ de temps τ et amène à considérer l'équation

$$\frac{dy}{dt} + a\int_0^\infty f(\tau)\, y_{t-\tau}\, d\tau = 0, \tag{2}$$

avec $f(\tau)$ normalisé tel que

$$\int_0^\infty f(\tau)\, d\tau = 1.$$

On appellera centre de gravité τ_1 des temps τ un temps τ_1 moyen tel que

$$\int_0^\infty (\tau - \tau_1)\, f(\tau)\, d\tau = 0,$$

et l'on conviendra d'appeler *étalement* d'une courbe de probabilité $f(\tau)$ toute modification à cette loi qui, en respectant le centre de gravité τ_1 ainsi défini augmente à la fois les deux intégrales égales

$$\int_0^{\tau_1} (\tau_1 - \tau) f(\tau)\, d\tau \qquad \text{et} \qquad \int_{\tau_1}^\infty (\tau - \tau_1) f(\tau)\, d\tau.$$

Autrement dit, une loi de probabilité $f_1(\tau)$ ayant le même centre de gravité τ_1 que la loi $f(\tau)$ est plus étalée si l'on a

$$\int_0^{\tau_1} (\tau_1 - \tau) f_1(\tau)\, d\tau > \int_0^{\tau_1} (\tau_1 - \tau) f(\tau)\, d\tau.$$

Dans ces conditions, on démontre le théorème suivant :

Toutes choses égales d'ailleurs, si $f_1(\tau)$ est plus étalée que $f(\tau)$, les solutions de

$$\frac{dy}{dt} + a\int_0^\infty f_1(\tau)\, y_{t-\tau}\, d\tau = 0 \tag{3}$$

sont plus stables que les solutions de

$$\frac{dy}{dt} + a\int_0^\infty f(\tau)\, y_{t-\tau}\, d\tau = 0. \tag{4}$$

D'une manière plus précise, c'est en faisant croître le paramètre a à partir de zéro que l'on rencontre l'instabilité limite, disons pour $a = a_1$ avec l'équation (3), et pour $a = a_0$ avec l'équation (4). Notre théorème consiste dans le fait que $a_1 > a_0$ *si $f_1(\tau)$ est plus étalée que $f(\tau)$.*

La démonstration consiste dans la définition d'un élément élémentaire, pour

lequel on établit facilement la propriété énoncée, et dans la remarque que tout étalement d'ensemble résulte d'une suite d'étalements élémentaires.

L'intérêt d'une telle propriété dans les raisonnements économétriques est évident; avec ce théorème, on condamne le dirigisme (sur des cas particuliers) parce qu'il n'a qu'un seul temps τ, ou bien on combine un dirigisme intelligent avec des distributions $f(\tau)$ plus étalées, pour éviter les crises (signalons en passant cet autre théorème : *toute augmentation de* τ_1 *amène une variation inversement proportionnelle de la limite* a_0 *du paramètre* a, *donc favorise l'instabilité*, théorème plus important encore, qui conduit le contribuable, le fournisseur de l'État et bien d'autres à réclamer la diminution du temps τ_1, mais ceci est presque banal).

Il est évident que si l'on se contente d'un énoncé vague, tel que le suivant : *l'étalement de* $f(\tau)$ *augmente la stabilité*, la propriété qui fait l'objet de cette Note s'applique à des équations bien plus générales que (2), équations fonctionnelles, linéaires, avec temps de retard et loi de distribution de ces temps, et il est probable que nous sommes en présence d'une propriété, d'une signification philosophique assez profonde donnant naissance à quantités d'énoncés mathématiques particuliers.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Enchaînement et quantification : une généralisation du théorème de Darboux à propos du rotateur sphérique.* Note de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons précédemment montré, faisant choix du cas particlier de l'oscillateur harmonique linéaire (¹) ou de la vibration moléculaire quatrième puissance (²), qu'il était possible de faire correspondre à la théorie des quanta des notions métriques liées à l'équation classique de Riccati et ainsi aborder le discontinu par le continu ou inversement.

Nous prenons, dans la présente Note, le rotateur sphérique (³) pour lequel nous repérons les différents points par la colatitude θ et la longitude φ.

La fonction d'ondes étant ψ, l'existence d'états stationnaires permet le changement de fonction

$$Y_k = \psi\, e^{-\frac{2\pi i}{h}E_k t},$$

où $Y_k(\theta, \varphi)$ est la fonction sphérique de Laplace.

E_k est l'énergie d'oscillation pour laquelle les valeurs propres sont données

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1948, p. 1958.

(²) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 266.

(³) Louis de Broglie, *Théorie de la quantification dans la Nouvelle Mécanique*, Paris, 1932.

par la relation

$$E_k = \frac{h^2}{8\pi^2 I} k(k+1); \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots).$$

Posant alors $x = \cos\theta$, nous considérons le polynome de Legendre associé $P_k^m(x)$ défini par

$$Y_k(\theta, \varphi) = e^{\pm im\varphi} P_k^m(x) \qquad (\text{avec } m \text{ entier positif}).$$

Avec de telles hypothèses, l'équation de propagation se réduit à

$$(1) \qquad \sin^2\theta \frac{d^2 P_k(x)}{dx^2} - 2\cos\theta \frac{dP_k(x)}{dx} + k(k+1) P_k(x) = 0.$$

Il est aisé de passer au premier ordre et en particulier à la forme de Riccati; nous avons

$$(2) \qquad \frac{d\tau}{dx} + \frac{\tau^2}{1-x^2} + k(k+1) = 0.$$

Les résultats précédemment obtenus à propos des polynomes d'Hermite H_k rencontrés dans l'étude de l'oscillateur de Planck se retrouvent ici encore, et nous voyons que les polynomes de Legendre peuvent être associés à des notions métriques classiques, telles que celles résultant de la théorie des développantes généralisées planes (4).

Dans ce cas, nous trouvons une famille de courbes-base isométriques pour lesquelles la fonction d'arc est $\sigma' = k(k+1)$.

Ainsi, une fois encore, nous voyons qu'il est possible d'aborder une théorie oscillatoire à partir d'isométriques de cercles en particulier.

Prenant trois états énergiques quelconques : $(k-1)$, k, $(k+1)$, nous avons entre courbes-base et courbes-adjointes correspondantes la relation géométrique simple

$$\overline{M_k M_{k-1}} + \overline{M_k M_{k+1}} = \overline{L_k L_{k-1}} + \overline{L_k L_{k+1}} = 2.$$

Mais à la forme de Riccati (2) nous préférons la forme canonique

$$(3) \qquad \frac{dv}{dx} + v^2 = \frac{k(k+1)}{x^2-1},$$

que l'on peut d'ailleurs écrire

$$(4) \qquad \frac{V''}{V} = k\frac{k+x^2}{x^2-1} - k.$$

Si nous voulons alors, à partir de (4), aborder la formation de chaînes d'équations il nous faut généraliser le théorème de Darboux (5) qui, sous sa forme classique, est inapplicable dans notre cas.

(4) G. Viguier, *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 59, 1945, L, IX (sous presse).
(5) G. Darboux, *Théorie générale des Surfaces*, 1 et 2.

La généralisation conduit au chaînon d'ordre n dont l'équation est

$$\frac{V''_n}{V_n} = \frac{k(k+1)}{x^2-1} + \frac{n(n+2)}{(x^2-1)^2}. \tag{5}$$

Il devient par suite possible de ramener à des quadratures l'intégration de (2) grâce à la chaîne de Darboux (4), ..., (5) et suivant les différents niveaux d'énergie $k=1, 2, 3, \ldots, n$.

Enchaînement et quantification sont donc des notions qui s'associent encore avec harmonie et, comme le disait M. A. Buhl [6] : « Le théorème de Darboux, donné par son illustre auteur en 1882, apparaît de plusieurs manières comme un théorème dont l'intérêt n'est pas épuisé à l'heure actuelle ».

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur un oscillateur à double-triode et son application à l'étude des diélectriques.* Note (*) de M. **Robert Létienne**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons de décrire tout d'abord un oscillateur présentant de réels avantages sur les montages classiques. Il se signale par sa grande stabilité de fréquence et d'amplitude et par le faible taux d'harmoniques de ses oscillations. Enfin, il présente la propriété d'émettre une onde dont la fréquence varie peu avec la charge du circuit oscillant. Ce montage nous a permis de mettre au point une méthode de mesure de la constante diélectrique et de l'absorption basée sur la technique des comparaisons de fréquences à l'oscilloscope cathodique. On peut également envisager d'autres applications pratiques de cet oscillateur.

I. *Description de l'oscillateur.* — Ce montage dérive de l'oscillateur Franklin [1] dont le principe consiste à verrouiller un multivibrateur par un circuit oscillant. L'inconvénient du Franklin résulte de la liaison apériodique à haute impédance qui produit une variation très importante de l'amplitude avec la fréquence. Nous avons supprimé ce grave défaut en *substituant à cette liaison classique une liaison par la cathode* [2] dont la basse impédance est indépendante de la fréquence jusque vers 60^{Mc}. *Nous avons adjoint à cet oscillateur un limiteur d'amplitude* dont le rôle est de maintenir les oscillations sur la partie rectiligne de la caractéristique des tubes. On obtient donc le montage ci-après :

La résistance R_K sert de liaison entre les tubes T_1 et T_2 et fixe automatique-

(6) M. A. Buhl, *Nouveaux Éléments d'Analyse*, Paris, 1937.

(*) Séance du 12 août 1948.

(1) Fromy, *Mesures en radiotechnique*, Paris, 1948.

(2) Preismann, *R. C. A. Review*, 2, 1938, p. 421.

ment leur polarisation. Le tube T_1 est à *charge cathodique*, ce qui présente les avantages suivants :

1° une des bornes de la charge est à la masse; 2° la caractéristique de phase et d'amplitude est excellente; 3° l'impédance d'entrée du tube en parallèle sur le circuit oscillant est très élevée; 4° la capacité d'entrée est très faible; 5° l'impédance de sortie est très faible.

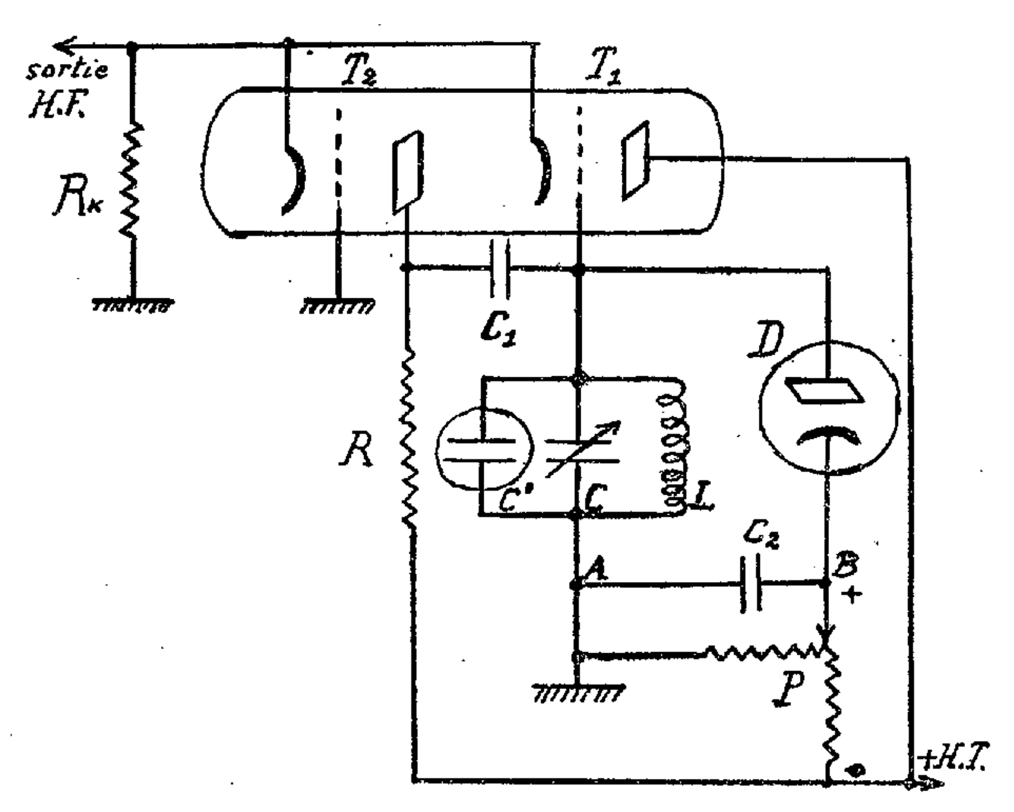


Fig. 1. — Tube T_1 T_2, 6 N7; tube D, RCA 955 monté en triode; $R_K = 500^{\omega}$; $R = 100\,000^{\omega}$; P = potentiomètre 5000^{ω}; $C_1 = 5^{cm}$; $C_2 = 0{,}1\,\mu F$; C = condensateur étalon; C' = condensateur de mesure.

Pour adapter cette faible impédance de sortie au tube T_2 il faut *l'attaquer par la cathode* [3], ce qui conduit aux avantages suivants :

1° la grille de commande est à la masse, donc séparation électrostatique parfaite de l'entrée et de la sortie de l'étage T_2; 2° l'impédance d'entrée est faible, donc facile à adapter à la charge du tube T_1; 3° l'impédance d'entrée varie très peu avec la fréquence; 4° l'impédance de sortie (en parallèle sur le circuit oscillant) est très élevée. Toutes ces propriétés remarquables de la liaison par la cathode découlent de la contre-réaction élevée appliquée sur les tubes.

La diode D limite la tension de crête des oscillations à une valeur sensiblement égale à la tension continue entre A et B. Cette tension continue doit être sensiblement inférieure à la tension continue de polarisation des tubes mesurée aux bornes de R_K. De cette façon, les tubes fonctionnent sans aucun courant grille.

II. *Qualités de ce montage.* — 1° La *stabilité* de cet oscillateur est du même ordre que celle d'un oscillateur piézo-électrique sans thermostat (10^{-5} environ); 2° avec des selfs de bonne qualité *l'amplitude peut demeurer constante sur des*

(3) STRONG, *Electronics*, 13, 1940, p. 14.

gammes de fréquences très étendues; 3° le taux d'harmoniques est négligeable; 4° l'étalonnage varie peu avec l'âge des tubes; 5° la fréquence est indépendante de la charge du circuit oscillant. Nous avons pu vérifier cette propriété importante avec des résistances non selfiques dont nous avons mesuré la capacité parasite au pont de Nerst : le glissement de fréquence ne se produit qu'au voisinage immédiat du décrochage de l'oscillateur; cette charge maximum est d'autant plus importante que le circuit oscillant est de meilleure qualité.

III. *Application à des mesures de constante diélectrique.* — La méthode des deux oscillateurs dont on compare les fréquences par battements ou mieux à l'oscilloscope cathodique (Lissajous) conduisait fatalement à des erreurs dès que la substance étudiée présentait des pertes ([4]). En effet, dans tous les oscillateurs classiques, c'est le courant grille qui fournit automatiquement la polarisation du tube. Cette méthode de mesure n'est donc applicable qu'avec des oscillateurs fonctionnant en régime linéaire et sans aucun courant grille. On arrive à ce résultat en adaptant sur un oscillateur quelconque un limiteur d'amplitude et en diminuant le couplage d'entretien des oscillateurs par un taux élevé de contre-réaction ([5]).

Ainsi, *grâce au montage proposé, la méthode des deux oscillateurs peut s'appliquer non seulement à l'étude des corps non absorbants, mais également à celle des diélectriques absorbants.*

MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE. — *Étude des sols de* V_2O_5 *au microscope électronique.* Note (*) de M. **Jean-Baptiste Donnet**, transmise par M. Aimé Cotton.

On sait depuis longtemps que les sols de pentoxyde de vanadium présentent la propriété de devenir fortement anisotropes sous l'influence d'un champ d'orientation comme le champ hydrodynamique : biréfringence d'écoulement ([1]), le champ électrique : effet Kerr ([2]), le champ magnétique : effet Cotton-Mouton ([3]), et que, à concentration suffisamment élevée, ces sols deviennent thixotropes ([4]).

Ces propriétés sont liées à l'existence dans le sol de particules de dimensions élevées par rapport aux dimensions de la molécule d'eau, ainsi que les examens ultra-microscopiques ([5]) avaient déjà permis de s'en rendre compte.

([4]) Guillien, *Cahiers de Physique*, 11, 1942, p. 17.
([5]) Arguimbau, *Proc. Inst. Radio Eng.*, 21, 1933, p. 14.

(*) Séance du 2 août 1948.
([1]) H. Freundlich, F. Stapfeld et H. Zocher, *Zs. f. Phys. Chem.*, 114, 1935, p. 193.
([2]) J. Errera, *J. de Chim. Phys.*, 37, 1935, p. 68.
([3]) W. Heller et H. Zocher, *Physik Chemie*, 164, 1933, p. 55.
([4]) F. Juliusberger et A. Picquet, *Trans. Faraday Soc.*, 1936, p. 445.
([5]) H. Gessner, *Kolloid-Chemie Beihefte*, 2, 1924, p. 13.

Nous nous sommes proposé d'examiner au microscope électronique les particules contenues dans le sol pour connaître leur forme et leurs dimensions, ainsi que la dépendance de ces caractères des conditions de préparation et de l'âge de la solution.

Les solutions étudiées avec l'aide de Mlle Dubois ont été préparées par la méthode de Biltz (6) qui nous semble la meilleure des méthodes actuellement connues (7). Cette méthode consiste à disperser dans l'eau distillée le précipité de V_2O_5 obtenu en broyant dans un mortier du métavanadate d'ammonium et de l'acide chlorhydrique dilué en quantité légèrement supérieure à la quantité théorique. Les examens au microscope électronique montrent la co-existence dans le sol de particules solides se présentant sous divers aspects et principalement sous les suivants :

1° Microcristaux en aiguilles, cristallisées dans le système rhomboédrique.

2° Filaments longs et minces.

Dans les deux cas les dimensions des particules dépendent de l'âge et de la concentration des solutions.

Les photographies 1 et 2 montrent les cristaux.

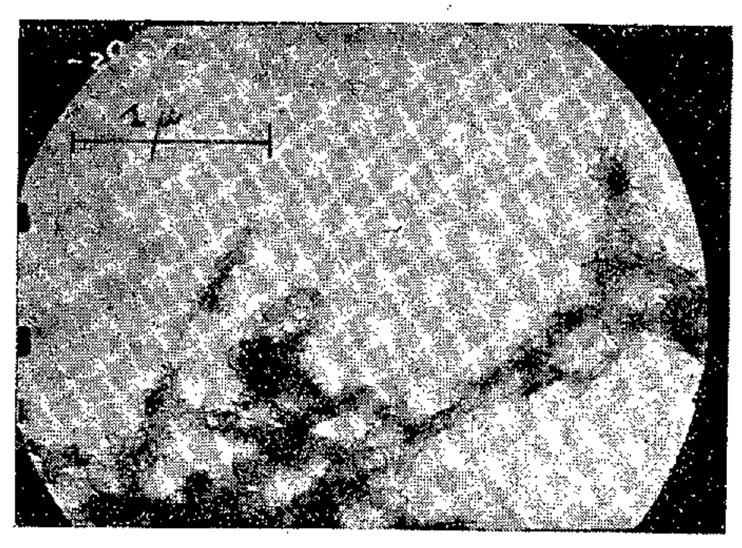


Fig. 1. — Cristaux (× 25000).

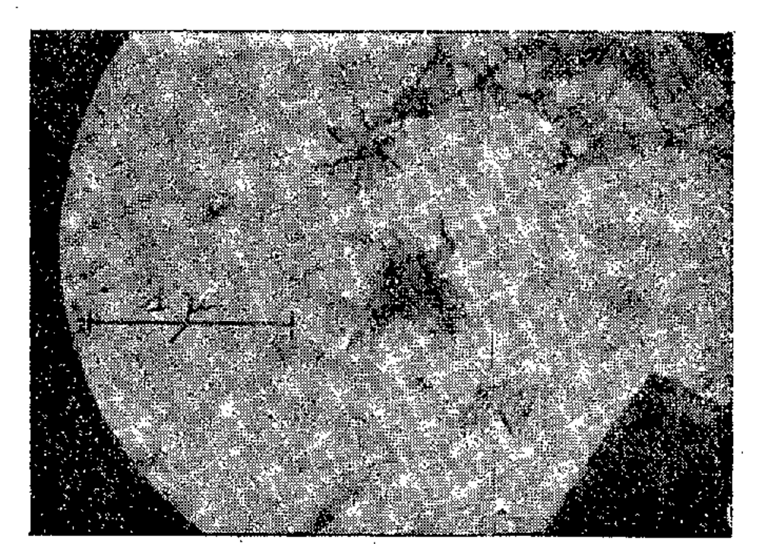


Fig. 2. — Cristaux (× 25000).

La photographie 1 correspond à une solution à 0,28 % en V_2O_5 examinée le lendemain de sa préparation. La solution a été diluée 4 à 5 fois au moment de l'examen. La photographie 2 correspond à une solution de concentration initiale de 0,105 % obtenue par centrifugation de 50 minutes à 20 000 tours/min d'une solution initiale à 0,13 %. Cette solution a été examinée 7 jours après sa préparation et diluée deux fois au moment de l'examen.

Les photographies 3, 4 et 5 montrent les fibres.

La photographie 3 a été obtenue avec une solution à 0,177 % examinée 4 jours après sa préparation et diluée environ 20 fois au moment de l'examen. La photographie 4 correspond à une solution à 0,13 %, la même que celle qui

(6) W. Biltz, *Ber. der deutsch. Chem. Ges.*, 37, 1904, p. 1098.

(7) E. Müller, *Kolloid-Zs.*, 8, 1911, p. 302; G. Wegelin, *Kolloid-Zs.*, 11, 1912, p. 25; 14, 1914, p. 65.

a donné lieu à la photographie 1, examinée 4 mois après sa préparation et diluée environ 20 fois au moment de l'examen. Enfin la photographie 5 a été

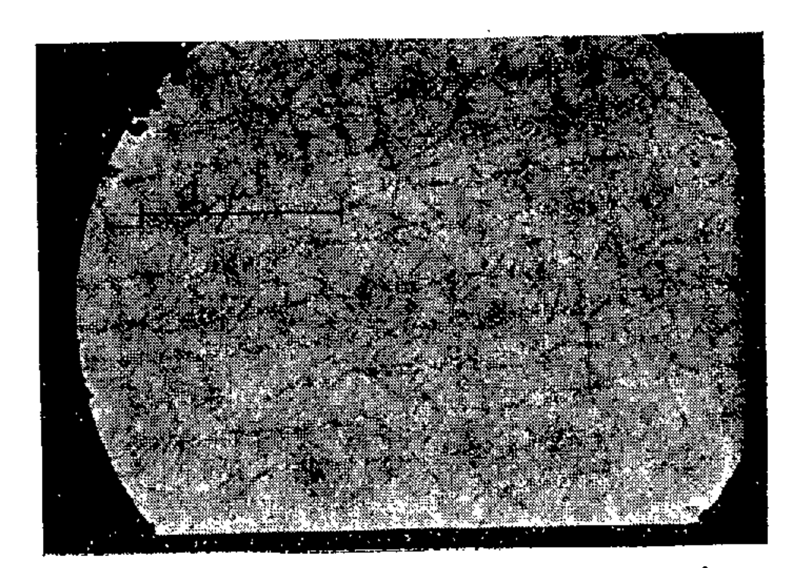


Fig. 3. — Fibres (× 25 000).

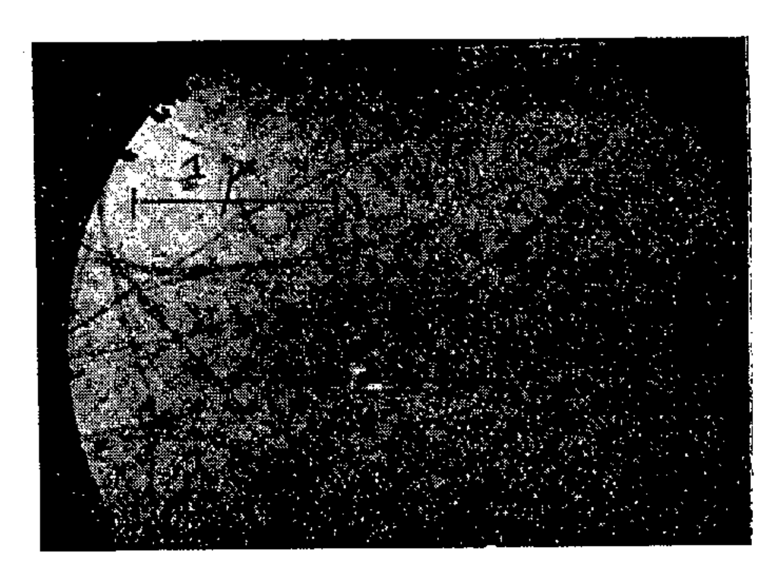


Fig. 4. — Fibres (× 25 000).

obtenue en examinant une solution à 0,18 %, examinée le lendemain de sa préparation, sans dilution préalable.

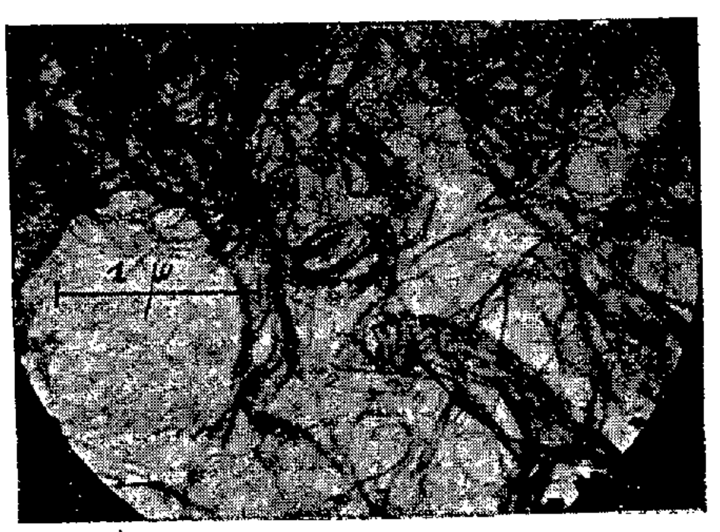


Fig. 5. — Fibres (× 25 000).

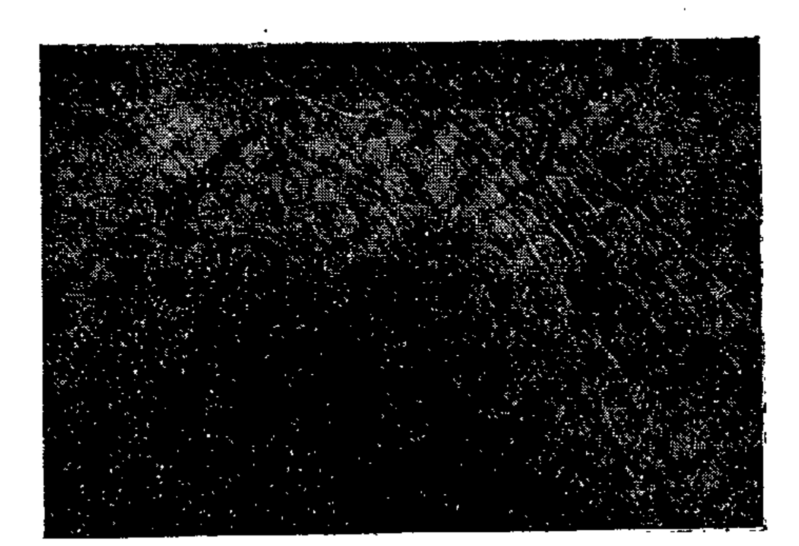


Fig. 6. — Fibres et microcristaux (× 610).

Les phases cristallines et filiformes qui coexistent dans la solution peuvent devenir visibles au microscope ordinaire dans les solutions vieilles de plusieurs mois, comme le montre la microphotographie 6 d'une solution à 0,142 %, âgée de deux mois.

N. B. — Les photographies 1, 2, 3, 4, 5 ont été prises au microscope électronique Siemens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation d'α-amino-acides par la transposition de Beckmann des β-oximino-esters* $CH_3—C(=NOH)—CR_2—COOC_2H_5$. Note (*) de M. **Hugh Felkin**, transmise par M. Pierre Jolibois.

On sait, surtout grâce aux travaux de Meisenheimer (1921-1939), que les cétoximes aromatiques se transposent suivant le schéma

$$\underset{\text{(anti-R')}}{\begin{matrix}R'—C—R''\\ \| \\ N—OH\end{matrix}} \rightarrow \underset{\text{(I)}}{\begin{matrix}O=C—R''\\ | \\ NHR'\end{matrix}} \quad \text{et} \quad \underset{\text{(syn-R')}}{\begin{matrix}R'—C—R''\\ \| \\ HO—N\end{matrix}} \rightarrow \underset{\text{(II)}}{\begin{matrix}R'—C=O\\ | \\ R''HN\end{matrix}}$$

(*) Séance du 12 juillet 1948.

En série aliphatique, les cétoximes se transposent, en général, pour fournir un mélange des deux amides (I) et (II) dans des proportions qui varient suivant la nature des radicaux R′ et R″ [1].

Nous avons appliqué cette réaction aux oximes de quelques β-céto-esters de la forme $CH_3-CO-CR_2-COOC_2H_5$.

Certaines de ces oximes ont la propriété de se cycliser très facilement pour donner des isoxazolones [V; $R=CH_3$ [2], C_2H_5 et $CH_2-C_6H_5$], ce qui permet de supposer qu'elles existent sous la forme anti-méthyle (IV) et non sous la forme stéréo-isomère (III) :

$$\begin{array}{ll} CH_3-C & -CR_2 \\ \| & | \\ HO-N & COOC_2H_5 \end{array} \qquad \begin{array}{ll} CH_3-C & -CR_2 \\ \| & | \\ N-OH & COOC_2H_5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} CH_3-C & - & CR_2 \\ \| & & | \\ N & & C=O \\ & O & \end{array}$$

(III) (Syn-méthyle). (IV) (Anti-méthyle). (V).

Une constatation analogue a été faite par Hantsch [3], qui n'a pu préparer qu'à l'état d'isoxazolone (V, R = H) l'acide β-oximino-butyrique.

Par contre, dans le cas où $R = C_4H_9$, l'oxime ne s'est pas cyclisée; il est donc vraisemblable qu'elle existe sous la forme syn-méthyle (III).

Or, nous avons constaté que l'action de l'acide sulfurique sur ces β-oximino-esters (III) et (IV) fournit surtout des dérivés des α-amino-acides (VIII) :

$$\begin{array}{l} CH_3-C=O \\ | \\ NH-CR_2-COOC_2H_5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CH_3-C=O \\ | \\ NH-CR_2-COOH \end{array} \rightarrow NH_2-CR_2-COOH$$

(VI) (VII) (VIII)

aussi bien dans le cas de l'oxime qui se cyclise (IV; $R = C_2H_5$), que dans celui de l'oxime qui ne se cyclise pas (III; $R = C_4H_9$).

Ainsi, il semble que, contrairement à ce qui a été constaté en série aromatique, il ne soit pas possible d'établir en série aliphatique une corrélation entre les produits de la transposition de Beckmann et la configuration des oximes, telle qu'elle apparaît d'après des expériences de cyclisation.

Partie Expérimentale. — *Préparation de* $CH_3-CO-CR_2-COOC_2H_5$ [$R = C_2H_5$ [4]; $R = C_4H_9$ [5]; $R = CH_2-C_6H_5$ [6]]. — Ces ester sont été préparés en un seul stade :

$$CH_3-CO-CH_2-COOC_2H_5 \xrightarrow[\text{dans } HOC_4H_9\, tert]{2\, NaOC_4H_9\, tert\, +\, 2\, RBr} CH_3-CO-CR_2-COOC_2H_5.$$

---

(1) Hantsch, *Ber.*, 24, 1891, p. 4018.

(2) Billon, *A. Ch.*, (10), 7, 1927, p. 314.

(3) *Ber.*, 24, 1891, p. 495.

(4) Frankland et Duppa, *Ann.*, 138, 1866, p. 204.

(5) Hess et Bappert, *Ann.*, 441, 1925, p. 151.

(6) Ehrlich, *Ann.*, 187, 1877, p. 11.

La coupure « acide » des céto-esters, favorisée par l'éthylate de sodium, n'a presque pas lieu en présence de butylate tertiaire de sodium ([7]).

Préparation de $CH_3—C(=NOH)—CR_2—COOC_2H_5$ [III et IV; $R = C_2H_5$ ([8]); $R = C_4H_9$ ([2]); $R = CH_2—C_6H_5$ (F 117-119°)]. — Ces oximes ont été préparées par l'action de $NH_2OH.HCl$ sur les β-céto-esters, en présence de pyridine. L'emploi de celle-ci améliore les rendements en empêchant la formation d'isoxazolone.

Formation d'isoxazolones (V). — Distillées sous vide ou chauffées en milieu potasse alcoolique, les oximes ($R = C_2H_5$ et $R = CH_2—C_6H_5$) fournissent aisément les isoxazolones correspondantes : $R = C_2H_5$: F 41-42°, $É_{15}$ 117-121°; $R = CH_2—C_6H_5$: F 135-136°, $É_5$ 210°.

Transposition de Beckmann. Obtention d'α-amino-acides. — Parmi les agents de transposition étudiés (H_2SO_4, $CH_3—COCl$, PCl_5) c'est l'acide sulfurique à 85 % qui a donné les meilleurs résultats. Ainsi, les β-oximino-esters (IV, $R = C_2H_5$ et III, $R = C_4H_9$) ont tous les deux fourni les α-acétylamino-acides $CH_3—CO—NH—CR_2—COOH$ [VII, $R=C_2H_5$, F 220° (bloc); $R=C_4H_9$, F 190-191°]. Saponifiés par H_2SO_4 à 50 %, ceux-ci ont fourni les α-amino-acides (VIII) correspondants [$R=C_2H_5$ ([9]); $R=C_4H_9$ ([10])], avec un rendement de 25 à 40 % à partir des β-oximino-esters.

En opérant avec H_2SO_4 concentré sur l'oxime (IV, $R=C_2H_5$) un peu d'α-acétylamino-ester (VI) $CH_3—CO—NH—C(C_2H_5)_2—COOC_2H_5$ (F 88-89°, E_3 142-146°) a pu être isolé.

L'oxime (IV, $R=CH_2—C_6H_5$), ainsi que les isoxazolones décrites ci-dessus, ne se sont pas transposées.

Conclusion. — Les β-oximino-esters $CH_3—C(=NOH)—CR_2—COOC_2H_5$, soumis à la transposition de Beckmann, fournissent des α-amino-acides $NH_2—CR_2—COOH$ avec des rendements pouvant atteindre 40 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation du diméthyl-2.4 pentadiène-2.4.* Note (*) de MM. **René Jacquemain** et **Jean Berger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons développé une théorie expliquant l'influence des molécules polaires sur les réactions organiques et montré qu'on

([7]) Renfrow et Renfrow, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1801.
([8]) Betti, *Gazz.*, 28, I, 1898, p. 274.
([9]) Tiemann et Friedländer, *Ber.*, 14, 1881, p. 1967.
([10]) Huang, Lin, Li et Lu, *J. Chin. Chem. Soc.*, 8, 1941, p. 201; *Chem. Abstr.*, 37, 1943, p. 6248.

(*) Séance du 12 juillet 1948.
([1]) R. Jacquemain et J. Berger, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 698.

en pouvait déduire que, suivant la concentration et la température, il en pouvait résulter une catalyse positive ou négative.

L'étude de l'influence de la concentration et de la température est surtout intéressante dans le cas des réactions autocatalytiques dans lesquelles c'est le produit de la réaction qui constitue la substance polaire catalysante.

C'est ainsi que, dans le cas de l'oxydation à pression constante du diméthyl-2.4 pentadiène-2.4, par l'oxygène gazeux, à la température de 15-20° (²), nous trouvons qu'une partie de la vitesse de réaction peut être représentée par $dv/dt = K(V^0 - 1,3V)V$.

Dans cette formule, nous désignons par V^0 l'équivalent en oxygène de la concentration du carbure et par V celui de la concentration en peroxyde formé, V étant le volume moyen d'après la définition de G. Dupont (³).

Les chiffres trouvés sont groupés dans le tableau I donnant la vitesse de fixation de l'oxygène par le diène à 15-20°.

Le diméthyl-2.4 pentadiène-2.4 aura presque absorbé la quantité équimoléculaire d'oxygène ($V^0 = 4480^{cm^3}$), mais finalement avec une vitesse négligeable.

Il résulte de ce tableau que la constante K de la vitesse de réaction calculée d'après la fonction ci-dessus est d'abord grande, elle décroît pour se stabiliser aux environs de 0,0700, indiquant qu'elle est à peu près proportionnelle à la concentration du peroxyde et après l'absorption de 2070^{cm^3} d'oxygène, elle décroît de nouveau pour s'annuler complètement à la fin.

Tout ceci est conforme à ce que nous avions prévu sur l'influence de la concentration dans l'exposé de notre théorie (¹).

Dans le cas de l'oxydation à 40-45° et 60-65°, la réaction est toujours autocatalytique au début, mais, après le maximum, la chute de vitesse est plus grande que dans le cas de l'oxydation à la température ordinaire pour s'arrêter complètement après l'absorption de 66 % d'oxygène à 40-45° et de 18 à 20 % d'oxygène à 60-65°. Un abaissement de température fait réapparaître l'absorption et sa vitesse est déterminée par la teneur en peroxyde et la température.

C'est donc une réaction d'équilibre.

Comme l'hydrocarbure oxydé à 80 % et chauffé à 40-60° ne dégage pas d'oxygène, nous sommes en présence d'un équilibre unilatéral, dû sans doute à l'inversion de la catalyse conformément à ce que nous avons exposé dans une Note précédente (¹).

Des Notes paraîtront prochainement sur la vitesse de formation des sels d'ammonium quaternaires et sur la vitesse de fixation de l'iode par les hydrocarbures éthyléniques, où il sera démontré l'importance de la polarité des catalyseurs.

(²) R. Jacquemain, *Thèse Sciences*, Paris, 1943, p. 131.

(³) G Dupont et ses collaborateurs, *Bull. Soc. Chim.*, 1930, p. 47 et suiv.

TABLEAU I.

$\frac{dv}{dt}$ (en min.).	V.	$\frac{dv}{dt}\frac{1.10^9}{(V^\circ-1,3V)V}=K$.	$\frac{dv}{dt}$ (en min.).	V.	$\frac{dv}{dt}\frac{1.10^9}{(V^\circ-1,3V)V}=K$
0,0000925	40	0,4020	0,000335	1445	0,0687
0,000133	137	0,1740	0,000382	1755	0,0760
0,000144	257	0,1040	0,000346	2070	0,0720
0,000162	390	0,0725	0,000266	2335	0,0607
0,000192	530	0,0680	0,000139	2510	0,0635
0,000254	710	0,0775	....	....	......
0,000254	920	0,0643	....	....	......
0,000312	1165	0,0693	0,000	4400	0,000

TABLEAU II.

Vitesse d'absorption de l'oxygène par le diméthyl-2.4 pentadiène-2.4 à 40-45°.

$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.	$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.	$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.
60........	30	160.......	600	260.......	2530
50........	85	200.......	780	180.......	2750
95........	167	280.......	1020	180.......	2930
90........	255	320.......	1310	140.......	3080
115........	352	300.......	1630	100.......	3210
110........	465	310.......	1935	40.......	3280
		310.......	2245	0.......	3300

TABLEAU III.

Vitesse d'absorption à 60-65°.

$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.	$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.	$\frac{dv}{dt}$ (en heures).	V.
120........	60	60.......	552	15.......	675
140........	190	25.......	617	10.......	690
155........	337	25.......	642	7.......	750
130........	480	15.......	662	2.......	820

Les résultats des travaux en cours sur la vitesse de fixation du soufre sur les doubles liaisons peuvent être interprétés de la même façon.

BACTÉRIOLOGIE. — *Augmentation de la thermorésistance d'un antigène bactériophagique traité par le formol.* Note (*) de MM. **Pierre Nicolle** et **Paul Ducrest**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que les Bactériophages sont doués de propriétés antigéniques; ils provoquent notamment l'apparition d'anticorps neutralisants spécifiques dans le sérum des animaux auxquels ils ont été injectés.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

Un chauffage modéré les inactive totalement. Pour certains auteurs, l'inactivation ainsi produite s'accompagne de la perte des propriétés antigéniques (1), tandis que, pour d'autres, seul un chauffage sévère (de 100 à 120°C.) aboutit à ce résultat (2).

D'autre part, on admet généralement que le formol, malgré un pouvoir d'inactivation très puissant, laisse intacte l'antigénicité des Bactériophages (3).

Par analogie avec l'effet stabilisateur du formol sur certains antigènes, notamment les toxines, nous avons cherché si cet aldéhyde n'augmenterait pas la résistance à la chaleur des antigènes bactériophagiques. Nous avons utilisé le Bactériophage staphylococcique Twort actif sur le staphylocoque blanc Twort. Les lysats destinés aux injections ont été préparés en milieu peptoné dilué (peptone 3 ‰) suivant une technique publiée antérieurement (4).

Leurs titres bactériophagiques, avant l'injection, le chauffage ou la formolisation, variaient assez peu entre 1 et 8×10^8. Les lapins ont été traités, sauf exceptions, par une seule injection intrapéritonéale massive de lysat (150 à 175$^{cm^3}$). Dans ces conditions, le pouvoir neutralisant des sérums atteint son maximum, dans la majorité des cas, aux environs du 30e jour.

Il n'est pas sans intérêt de signaler, avant de rapporter les résultats expérimentaux, que sur 34 lapins neufs, 5, soit 14 %, ont présenté un sérum doué de faibles propriétés neutralisantes vis-à-vis du Bactériophage staphylococcique Twort. Ces lapins positifs n'ont pas été utilisés dans les expériences rapportées ici.

1° *Bactériophage actif* (Lysats non traités). — Six lapins ont reçu le Bactériophage actif. Le sérum de quatre d'entre eux a montré, le 30e jour, un pouvoir neutralisant élevé, jusqu'à la dilution à 1 pour 5000. Les deux autres lapins n'ont pas élaboré d'anticorps; l'un d'eux était manifestement malade (5); l'autre paraissait normal. La proportion des lapins n'ayant pas réagi à l'injection du Bactériophage actif, rapportée à l'ensemble des lapins qui sont devenus positifs, a été de 2 sur 16, soit 12, 5 %.

---

(1) E. W. SCHULTZ, J. S. QUIGLEY et L. T. BULLOCK, *J. Immunol.*, 17, 1929, p. 245.

(2) L. ARNOLD et E. WEISS, *J. Infect. Dis.*, 35, 1924, p. 603; I. N. ASHESHOW, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1935, p. 1327; F. D'HÉRELLE, *Le Bactériophage et son comportement*, Paris; I. J. KLIGLER, OLEINIK et CZAZKES, *Am. J. Publ. Health.*, 33, 1943, p. 682; R. S. MUCKENFUSS, *J. Exp. Biol.*, 48, 1928, p. 709.

(3) H. MORIYAMA et S. H. OHASHI, *Arch. f. ges. Virusforsch.*, 1, 1939, p. 252; R. S. MUCKENFUSS, *loc. cit.*; E. W. SCHULTZ, J. S. QUIGLEY et L. T. BULLOCK, *loc. cit.*; E. W. SCHULTZ et L. GEBHARDT, *Proc. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 32, 1935, p. 1111.

(4) P. NICOLLE et P. DUCREST, *Ann. Institut Pasteur*, 74, 1948, p. 85.

(5) Diarrhée, amaigrissement. Rétabli, il a reçu une nouvelle dose de Bactériophage actif, sans plus de succès. Après une troisième injection, le sérum est devenu légèrement positif. Sacrifié quelques semaines après, son autopsie n'a rien révélé de particulier, à part l'hypertrophie de ganglions mésentériques.

2° *Bactériophage chauffé* (Lysats chauffés suivant les cas à 70, 75, 77 ou 80° C., pendant 1 heure). — Sur 8 lapins, 7 ont donné un sérum négatif, ou positif seulement aux plus basses dilutions (1 pour 10). Un seul lapin a fourni un sérum aussi fortement positif que ceux des lapins du premier groupe. Malgré cette anomalie, le résultat est net : l'antigène responsable de la formation des anticorps neutralisants est détruit, dans sa majeure partie, par un chauffage d'une heure entre 70 et 80° C.

3° *Bactériophage formolé* (Lysats additionnés de 1 goutte de formol commercial à 30 % et laissés à l'étuve à 37° C. pendant 18 heures). — Le sérum des 5 lapins de ce groupe a été fortement positif jusqu'aux dilutions les plus élevées (1 pour 2000 et 1 pour 5000). L'inactivation par le formol ne diminue donc en aucune façon le pouvoir antigénique de ce Bactériophage. Elle paraît même plutôt l'augmenter.

4° *Bactériophage chauffé, puis formolé.* — Le sérum de l'unique lapin ainsi traité a été complètement négatif. C'est un témoin de plus pour la destruction de l'antigène bactériophagique par la chaleur. L'addition de formol, après le chauffage ne rend pas son activité à cet antigène inactivé.

5° *Bactériophage formolé, puis chauffé.* — Les six lapins de ce groupe ont donné un sérum positif. Le pouvoir neutralisant était très fort dans le cas du chauffage à 70° C. et à 75° C., sensiblement moins fort dans le cas du chauffage à 77° C., et relativement faible dans le cas du chauffage à 80° C.

Les propriétés antigéniques du Bactériophage staphylococcique Twort traité préalablement par le formol résistent donc au chauffage, alors qu'en l'absence de la formolisation elles sont détruites.

Conclusions. — La netteté des résultats malgré le petit nombre d'expériences réalisées jusqu'à ce jour et la présence de quelques anomalies, nous autorise à penser que le formol exerce sur les antigènes bactériophagiques une action protectrice vis-à-vis de la chaleur.

Cet effet est à rapprocher d'une part de la thermorésistance antigénique des toxines formolées (anatoxines), d'autre part de l'action anticoagulante du formol sur le sérum sanguin chauffé [6].

La séance est levée à 15h30m.

R. C.

---

[6] LEGROUX, *C. R. Soc. Biol.*, 83, 1920, p. 466.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Prunier. *Quelques observations et expériences nouvelles et leurs conséquences pour les théories de la physique.* I. Extrait de *Archives des sciences physiques et naturelles*, Vol. 28, fasc. 4 et 5, 1946.

Id. II. Extrait des *Archives des sciences*, Vol. 1, fasc. 1, 1948.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la diffraction de la lumière par les brouillards artificiels.* Note (*) de M. **Guy Littaye**, transmise par M. Henri Villat.

Lorsqu'un faisceau cylindrique de lumière monochromatique traverse un brouillard, ce dernier fournit une figure de diffraction à l'infini. On sait qu'on obtiendrait, avec un brouillard simple constitué de gouttes identiques, une tache lumineuse centrale entourée d'anneaux alternativement sombres et brillants. Le diamètre du premier anneau sombre serait inversement proportionnel au diamètre des gouttes. C'est cet aspect que Bricard (1) observe avec certains brouillards naturels. Pour un brouillard complexe les anneaux disparaissent et l'on n'obtient plus qu'une tache centrale au bord estompé. C'est cet aspect que Kling (2) observe dans le cas de brouillards artificiels obtenus par pulvérisation mécanique.

J'ai cherché si la figure de diffraction obtenue dans le second cas peut encore fournir une indication sur le diamètre des gouttes du brouillard expérimenté. A cet effet j'utilise un brouillard d'eau obtenu par pulvérisation pneumatique dans des conditions bien définies (pression dynamique dans la veine gazeuse, 36^{cm} de mercure). Je détermine expérimentalement par captation mécanique la

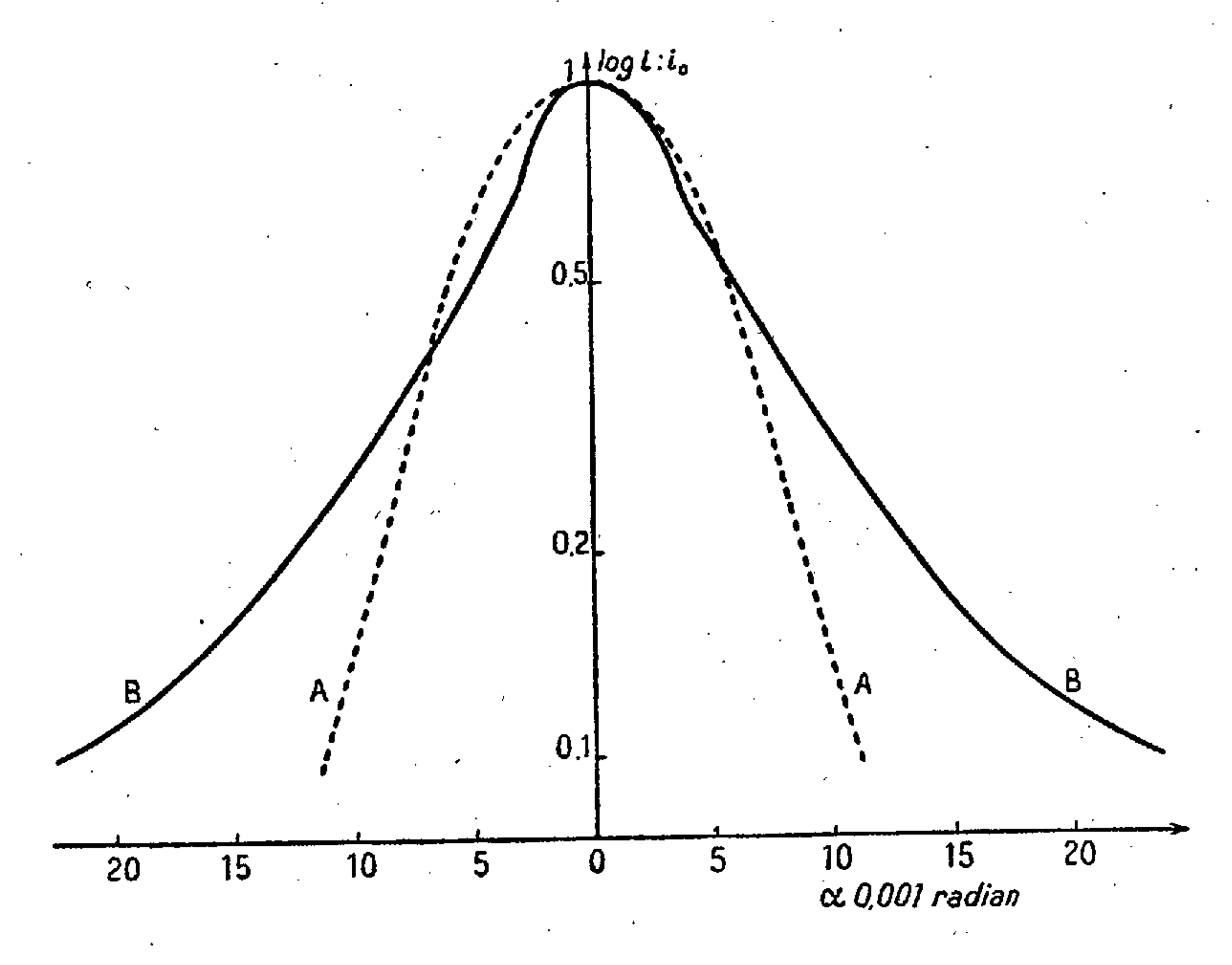
---

(*) Séance du 18 août 1948.

(1) *Annales de Physique*, 11e série, 14, 1940, p. 148.

(2) *Groupement Recherches Aéronautiques*, Paris, Note technique n° 16.

répartition des gouttes en fonction de leur diamètre ([3]). J'en déduis, pour une longueur d'onde donnée (ici $0^{\mu},435$), l'intensité relative de la lumière diffractée dans une direction formant l'angle α avec la direction incidente (courbe A). Je photographie d'autre part la figure de diffraction obtenue en éclairant le brouillard par un faisceau cylindrique d'une lumière de longueur d'onde $0^{\mu},435$. Je fais l'étude microphotométrique du cliché et je détermine simultanément la courbe caractéristique de l'émulsion utilisée. Je peux ainsi déterminer expérimentalement l'intensité relative de la lumière diffractée par le brouillard dans une direction donnée (courbe B). La figure ci-dessous permet



de comparer les résultats obtenus. La courbe B indique une plus forte proportion de gouttes fines. Divers auteurs ([4]) ont déjà noté que les gouttes fines échappent plus aisément à la captation mécanique que les gouttes grosses.

L'étude microphotométrique montre que l'intensité de la lumière diffractée décroît sans cesse, sans s'annuler, lorsque α augmente. On voit qu'il ne peut plus être question de définir une tache centrale de diffraction et d'en déduire un diamètre moyen des gouttes, comme le voulait Kling. Pour un brouillard donné, le diamètre de la tache de diffraction croît constamment avec l'intensité du faisceau lumineux incident, ainsi que je l'ai vérifié sur les photographies obtenues.

Par contre on peut déterminer pour quel angle α l'intensité lumineuse diffractée se trouve réduite dans le rapport k avec l'intensité lumineuse diffractée

---

([3]) G. Littaye, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 260.

([4]) En particulier : Pluvinage, *Thèse*, Paris, 1945.

dans la direction du faisceau incident. On peut chercher ensuite pour quelle valeur du diamètre des gouttes un brouillard simple donnerait le même résultat; cette valeur définit un certain diamètre moyen d_m pour le brouillard complexe étudié. Dans l'exemple choisi, j'obtiens pour d_m les valeurs respectives 37, 25 et 16$^\mu$ lorsque je choisis pour k les valeurs 0,5, 0,2 et 0,1. On voit combien serait arbitraire la définition d'un diamètre moyen par cette méthode. Cependant, une fois choisi, la valeur conventionnelle de k, la méthode indiquée mérite peut-être d'être utilisée pour suivre l'évolution d'un brouillard artificiel en fonction des conditions de sa production dans certains cas où les autres méthodes ne peuvent être employées.

ASTROPHYSIQUE. — *Comparaison entre le groupe 4050 Å de la comète 1948 g et les bandes attribuées à* CH_2. Note (*) de M. **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Le spectre de la comète Honda Bernasconi (1948 g) observé à l'Observatoire de Haute-Provence, a montré très fortement les bandes situées entre 3970 et

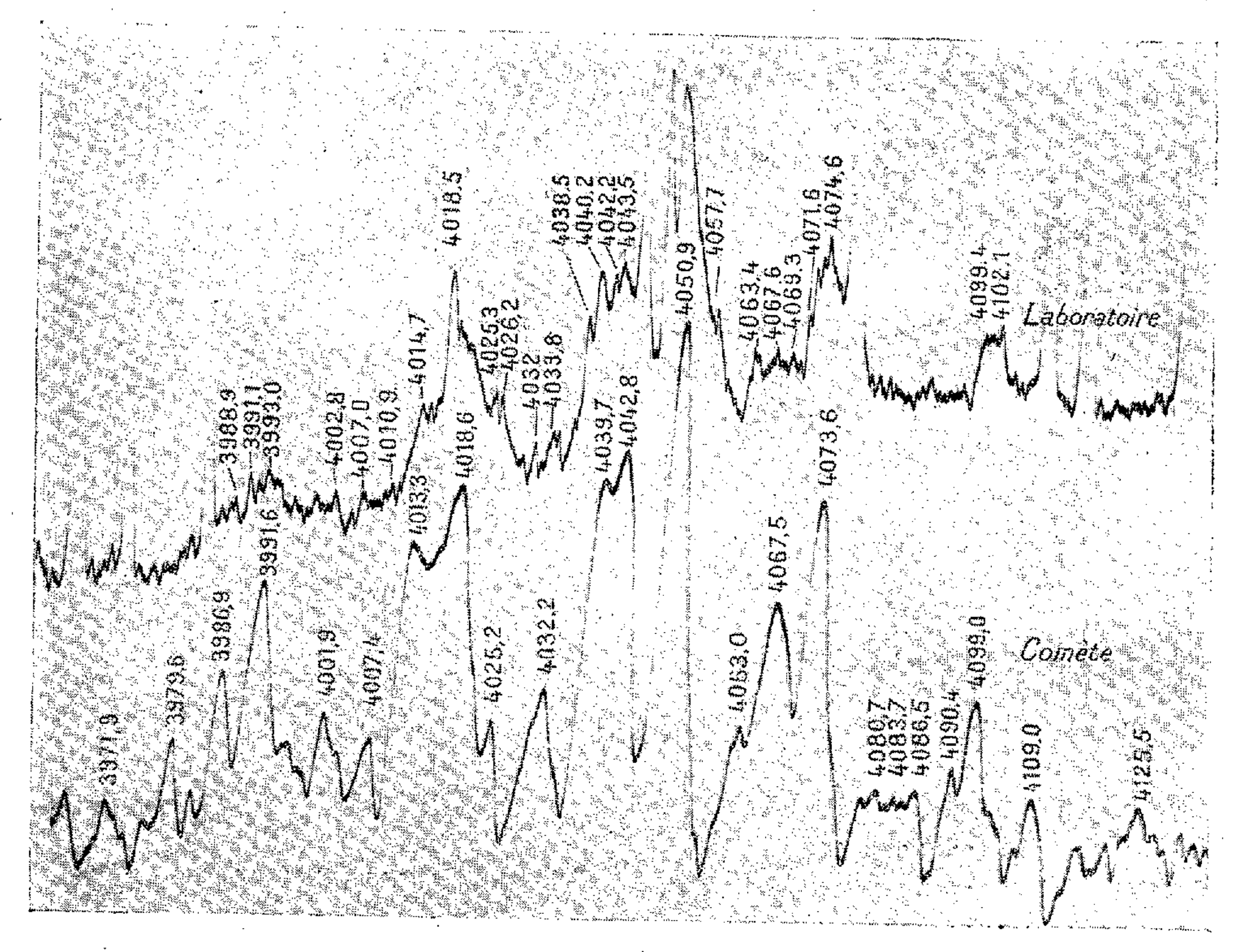


Fig. 1.

4125,5 Å dites groupe 4050 et attribuées par Herzberg à la molécule CH_2. Les spectres de cette comète, brillante à sa découverte ($m = 4$) sont très fins et bien

(*) Séance du 2 août 1948.

posés et peuvent être aisément comparés aux bandes observées au laboratoire ([1]).

La figure 1 montre la comparaison des enregistrements obtenus au microphotomètre Chalonge du spectre de laboratoire (en haut), et de la comète (en bas). Les grossissements ont été choisis pour rendre les échelles de longueur d'onde identiques. L'identité des deux spectres est frappante, compte tenu du faible pouvoir résolvant du spectre de la comète.

Toutefois, les deux bandes 4067,5 et 4013,3 sont nettement plus fortes dans la comète qu'au laboratoire.

Le tableau suivant donne les longueurs d'onde des sommets des bandes observées dans les deux cas ainsi que les intensités estimées.

TABLEAU.

Comète.	I.	Laboratoire.	I.
4125,5			
4109,0			
4102..........	5	4102,1..........	10
4099,0..........	25	4099,4..........	10
4090,4..........	10	—	1
4086,5..........	2		
4083,7..........	2		
4080,7..........	2		
4073.6..........	40	4074,6..........	20
		4071,6	
		4069,3	
4067,5..........	25	—	2
4063,0	5	—	4
4050,9..........	100	4051,9.......... } 4049,9.......... }	80
4042,8..........	50	4043,5..........	30
		4042,2	
4039,7..........	50	4040,2..........	30
		4038,5	
4032,2..........	20	4033,8..........	5
		4032,0	
4025,2..........	10	4026,2..........	3
4018,6..........	50	4018,5..........	30
4013,3..........	40	—	0
		4010,9..........	1
4007,4..........	5	—	1
4001,9..........	5	4002,8..........	3
3991.6..........	20	3991,1..........	5
3986,9..........	10	Xénon	
3079,6..........	5	—	0
3971,9..........	2		

([1]) Les longueurs d'onde et l'enregistrement du spectre de laboratoire m'ont été communiqués par Mme R. Herman.

La relation entre les deux intensités est très nette (*fig.* 2) et est un argument très fort en faveur de l'identité des deux systèmes. Il est probable qu'une autre

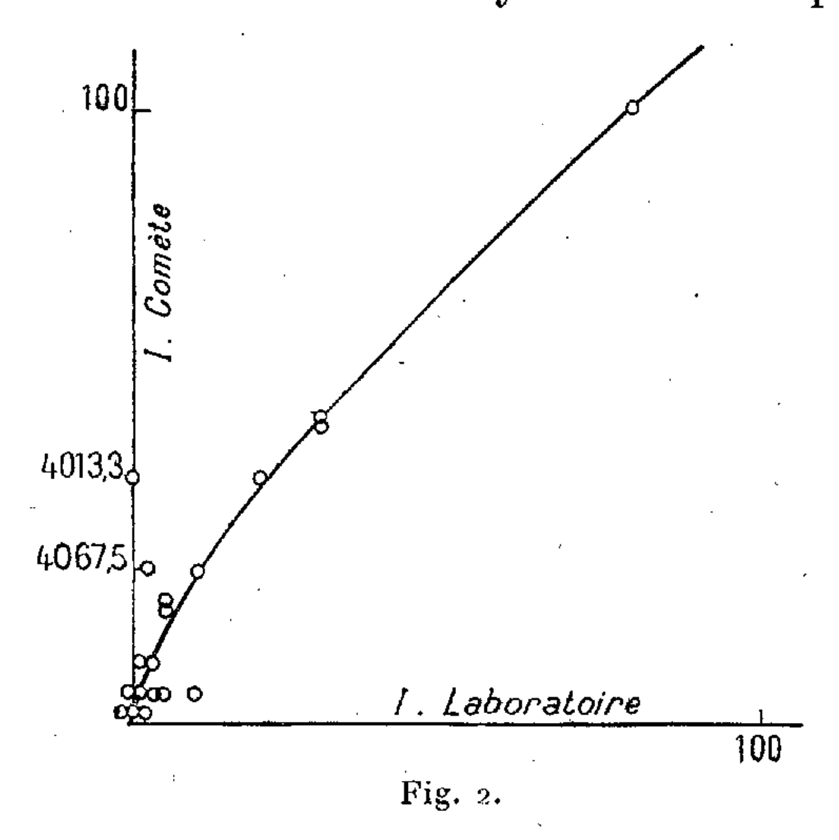


Fig. 2.

émission se superpose dans le spectre cométaire aux bandes 4013,3 et 4067,5 anormalement fortes.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude photométrique de la comète Bester IV*. Note (*) de M. **Pierre Bacchus**, présentée par M. André Danjon.

J'ai effectué au cours des mois de mars, avril et mai 1948 des mesures de la magnitude de la comète Bester IV (1947 *k*) par la méthode du cercle oculaire de C. Fabry (¹). Je disposais d'un appareil réalisé et décrit par C. Fehrenbach (²) de $12^{mm},5$ de distance focale et d'ouverture F/1,2. Il était associé à un objectif Zeiss de 170^{mm} de diamètre et de $1^{m},20$ de distance focale, monté sur la table équatoriale de l'Observatoire de Haute-Provence. Le diaphragme limitant la région du ciel étudiée avait un diamètre de $6^{mm},2$, ce qui correspond à un diamètre angulaire de 18'. Les mesures se rapportent donc au noyau et à la chevelure de la comète, mais non à sa queue.

Pour chaque nuit d'observation, j'ai pris sur la même plaque photographique une dizaine de poses, soit sur la comète, soit sur des étoiles de comparaison, soit sur le fond du ciel dans une région voisine dépourvue d'étoiles brillantes. J'ai pris également, pour établir la courbe de noircissement de la plaque, 12 plages auxiliaires, avec des éclairements de rapports connus, au moyen d'un photomètre à tubes. Les clichés ont ensuite été dépouillés au microphotomètre Lallemand (³).

(*) Séance du 9 août 1948.

(¹) *Ann. Astrophys.*, 6, 1943, p. 65.

(²) *Ann. Astrophys.* (sous presse).

(³) A. Lallemand, *Revue d'Optique*, 15, 1936, p. 109.

Les étoiles de comparaison ont été choisies dans le *Catalog of Bright Stars* de Schlesinger. Pour chaque observation, j'ai utilisé des étoiles assez voisines de la comète pour que l'absorption différentielle soit négligeable.

J'ai placé sur le faisceau un filtre coloré en jaune clair (Wratten n° 3), et j'ai employé des plaques Eastmann 103 *a* C. La bande de longueurs d'onde utile est ainsi comprise entre 4350 et 6500 Å. Sa position moyenne correspond à peu près au maximum de sensibilité de l'œil. Les magnitudes trouvées sont donc photo-visuelles.

D'autre part la lumière émise par la comète dans cette région spectrale est essentiellement formée par les bandes de Swan. Le fond continu de diffusion est très faible, et les bandes rouges ne représentent guère que 1/5 de la lumière totale. On peut donc espérer que la variation d'éclat de la comète obéira à une loi simple, qui ne sera pas la superposition de plusieurs lois différentes, comme cela doit se produire lorsqu'on étudie la lumière globale d'une comète, qui est formée de radiations d'origines très diverses.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque observation :

1° la date et l'heure moyenne de l'observation; 2° la magnitude trouvée pour le fond du ciel, pour la surface de 250 minutes carrées correspondant au diaphragme employé; 3° la magnitude trouvée pour la comète, après les corrections dues à la lumière du ciel nocturne et, éventuellement, à la présence d'une étoile faible dans le champ de l'appareil; 4° la distance de la comète à la Terre pour la date de l'observation; 5° la magnitude de la comète ramenée à la distance de 1 U. A.; 6° le logarithme de la distance r de la comète au Soleil :

(1).		(2).	(3).	(4).	(5).	(6).
	h min					
14 mars.....	4.00	6,0 à 5,7	6,5	1,046	6,4	−0,045
8 avril.....	3.20	6,1	6,64	0,744	7,28	+0,0892
9 avril.....	1.00	6,06	6,55	0,748	7,18	+0,0934
14 avril.....	0.50	6,57	7,18	0,793	7,68	+0,1173
15 avril.....	2.20	6,48	7,14	0,806	7,61	+0,1219
2 mai......	0.10	6,91	8,1	1,168	7,76	+0,1934
6 mai......	23.20	6,05	8,8	1,305	8,2	+0,2127

Lors de la première observation la comète n'était observable qu'à l'aube. La lumière du fond du ciel augmentait assez rapidement pendant la durée des mesures. La correction de fond du ciel a été faite en traçant la courbe de variation de cette lumière, et en prenant sa valeur interpolée pour l'instant de chaque observation cométaire ou stellaire. Cette mesure est donc moins précise que les autres. Les deux dernières mesures sont assez peu précises, elles aussi, car la lumière de la comète était devenue beaucoup plus faible que celle qui provenait du fond du ciel.

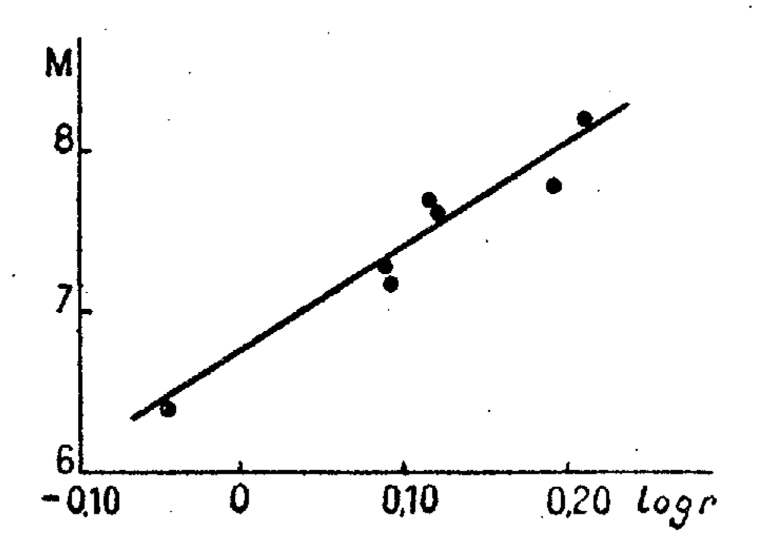
J'ai représenté graphiquement la variation de la magnitude réduite de la comète (5e colonne) en fonction de log r (6e colonne). Mes mesures sont repré-

sentées par une droite d'équation

$$M = 6,75 + 6,35 \log r = 6,75 + 2,5 \log r^{2,54}.$$

L'éclat absolu varie proportionnellement à $1/r^{2,54}$.

Je peux aussi déduire de mes mesures des estimations de la lumière du ciel nocturne. Mes valeurs sont comprises entre 3,15 et 4,0 magnitudes par degré



carré, alors que celles de Dufay ([4]) sont comprises entre 3,93 et 4,85 (pour un ciel non nuageux). Je pense que cet écart provient essentiellement de la différence de sensibilité spectrale de l'œil et de la plaque photographique, en particulier pour la raie rouge du ciel nocturne.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches spectroscopiques sur l'arc électrique de très faible intensité.* Note de MM. **Joseph Janin** et **Charles Eyraud**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'arc étudié jaillit dans l'air atmosphérique entre électrodes de platine. L'intensité du courant est 30 mA et la tension aux bornes 550 V pour une longueur de 3^{mm}. Afin d'obtenir une grande stabilité, l'arc est disposé verticalement et un courant d'air ascendant entraîne l'oxyde d'azote formé. A l'aide d'un système de miroirs et de lentilles, on projette sur la fente d'un spectrographe à prismes une image horizontale de la colonne. Il est alors possible, en déplaçant l'arc verticalement, d'obtenir le spectre de la lumière émise dans les différentes sections droites.

1° Sur la cathode apparaît une tache lumineuse intense séparée de la colonne positive rougeâtre par un espace sombre d'épaisseur $0^{mm},5$ environ. On observe également sur l'anode une tache brillante. L'auréole violacée présente un diamètre voisin de 3^{mm} autour de la colonne; elle s'élargit dans l'espace sombre, où son diamètre atteint $4^{mm},3$ environ. Ces particularités sont celles d'un régime de transition entre la décharge lumineuse et l'arc ([1]); bien que la

([4]) J. Dufay, *Thèse*, Paris, 1928.

([1]) Von Engel et Steenbeck, *Elektrische Gasenladungen*, **2**, 1934, p. 119; Loeb, *Fundamental Processes of Electrical Discharge in Gases*, 1939, p. 606; Ornstein et Brinkman, *Physica*, **1**, 1934, p. 797.

caractéristique volts-ampères soit celles d'un arc, la chute cathodique y est en effet importante et l'ionisation dans la colonne ne doit pas être une ionisation thermique pure.

2° Le spectre observé dans le domaine des radiations visibles est constitué principalement par les différents systèmes de bandes de la molécule d'azote; il rappelle celui qu'on obtient en faisant passer une décharge électrique à travers ce même gaz sous pression réduite. Le système négatif est très intense dans la tache cathodique; son intensité diminue rapidement à mesure qu'on s'éloigne de la cathode. Les bandes du deuxième système positif sont excitées sur toute la longueur de l'arc, quoique très faiblement dans l'espace sombre. Le premier système positif, intense dans la colonne, est particulièrement développé sur l'anode. On observe enfin certaines raies de l'atome d'azote dans la tache cathodique.

3° La température d'excitation a été déterminée par une méthode spectroscopique dont le principe sera exposé dans un Mémoire détaillé. A l'aide de la bande $\lambda = 4059$ Å du deuxième groupe positif, on obtient approximativement 2500° K. dans la tache cathodique. Cette température semble voisine de celle de la cathode, car le passage de la décharge provoque une fusion progressive de la surface de platine (²). On trouve de même 2000° K. dans l'espace sombre, 3200° K. dans la colonne et 1200° K. dans la tache cathodique.

4° Sur les spectrogrammes pris dans l'espace sombre et dans la colonne, les bandes négatives ont une hauteur sensiblement égale au diamètre de l'image de l'auréole, alors que les bandes positives sont émises presque exclusivement dans la colonne centrale. Bien que la lumière diffusée puisse intervenir, il semble toutefois probable que l'émission du système négatif soit liée à l'existence dans l'auréole de molécules d'azote à la fois ionisées et excitées; cette excitation peut provenir d'une absorption par les ions N_2^+ des bandes négatives rayonnées dans la tache cathodique. La coloration violette de la gaine de l'arc semble principalement due à la présence de ce système; le deuxième groupe positif y apparaît en effet beaucoup plus faiblement, et, par ailleurs, la diffusion latérale des porteurs de charge dans l'espace sombre, où règne un champ faible, permettrait ainsi d'expliquer l'élargissement correspondant de la gaine lumineuse.

(²) Les mesures pyrométriques de Wehrli (*Helv. phys. Acta*, 1, 1928, p. 323) donnent 2311° K. pour la température de la cathode d'un arc d'intensité 33 mA entre électrodes de tungstène.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mise en évidence de la variation de période du* ^{7}Be *en fonction du degré d'ionisation de l'atome.* Note (*) de M. **Robert Bouchez**, Mme **Pascaline Daudel**, MM. **Raymond Daudel** et **Roland Muxart**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Théoriquement la probabilité totale de capture d'électrons par un noyau est fonction du nombre d'électrons entourant le noyau et par suite du degré d'ionisation de l'atome. Si l'on ionise un atome dont le noyau se désintègre par capture, on fait donc varier sa période. Cette possibilité a été signalée par E. Segré (1) et R. Daudel (2); ces auteurs ont proposé d'étudier cet effet sur le nuclide ^{7}Be. Ce noyau se transforme par capture et le calcul (3) montre que la probabilité de capture des électrons L, en les supposant tous dans l'état *s*, représente 2 % environ de la probabilité totale.

On doit donc s'attendre à une différence de période de cet ordre entre le Be atomique et le Be doublement ionisé.

Pratiquement on utilise une source de Be métallique et une source de fluorure de Be. Dans le Be métal, Pauling (4) estime que les électrons L possèdent un caractère *s* de 50 % et un caractère *p* de 50 %. De plus à l'état de fluorure, le Be est ionisé dans une proportion de 87 % (5). Finalement l'ensemble de ces considérations conduit à prévoir une différence de l'ordre de 8.10^{-3}.

2. Nous avons entrepris des expériences pour mettre en évidence cet effet. Les sources radioactives sont obtenues à partir de Li irradié au cyclotron du Collège de France [^{6}Li$(d,n)^7$Be]. La cible est ensuite attaquée par l'eau; on acidifie et l'on précipite le Be actif par l'ammoniaque en présence d'entraîneur. La glucine obtenue est déshydratée, mêlée à du carbone pulvérisé, puis chauffée dans un courant d'anhydride carbonique. Le produit obtenu est transformé en chlorure anhydre par un courant de chlore vers 850°. Le chlorure est enfin réduit par le sodium dans un courant d'hydrogène. On obtient du Be métallique, légèrement allié à du sodium (6), la moitié est transformée en fluorure qui constitue la source ionisée (S), l'autre moitié constitue la source neutre (M).

3. Nous avons utilisé pour les mesures d'intensité deux chambres d'ionisation identiques dans un montage différentiel très sensible avec lampe électro-

---

(*) Séance du 2 août 1948.

(1) *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 274.

(2) *Revue Scientifique*, Paris, n° 3266, fasc. 3, 1947, p. 162.

(3) R. Bouchez, R. Daudel, P. Daudel et R. Muxart, *Jour. de Phys. et le Rad.*, 11, 1947, p. 336.

(4) Conférences d'Oxford, 1948.

(5) D'après les électronégativités et les courbes de Pauling.

(6) La présence d'un peu de Na dans Be augmente un peu l'écart des périodes. Cet effet a été négligé dans les calculs.

mètre. Les chambres sont remplies d'air sec à la pression atmosphérique ; le courant mesuré est stabilisé par rapport aux variations de tension de chauffage du filament ([7]), la grille étant au sol (le spot du galvanomètre dévie de moins de 1^{mm} en plusieurs jours); la lampe électromètre est utilisée « la grille isolée », sa faible consommation ($if = 10$ mA) permet d'effectuer des mesures continues pendant plusieurs mois.

Les mesures ont été effectuées au Laboratoire de Physique cosmique de l'Observatoire de Meudon dans un endroit particulièrement inactif, le mouvement propre de l'ordre de 10^{-6} u. e. s. est dû uniquement à la partie pénétrante du rayonnement cosmique.

4. *Résultats.* — Le rayonnement de 460 keV permet de suivre l'activité des sources; l'intensité de chacune d'elles au début des mesures était de l'ordre de 10^{-4} u. e. s. Des écrans de Cu placés sur la source M permettent d'amener le spot au zéro. En fait le spot ne reste pas au zéro, mais oscille autour de sa position d'équilibre; ces fluctuations limitent la sensibilité des mesures et ne permettent pas de déceler une variation d'intensité inférieure à 3.10^{-3}.

Le dispositif expérimental et les premiers résultats sont indiqués figures 1

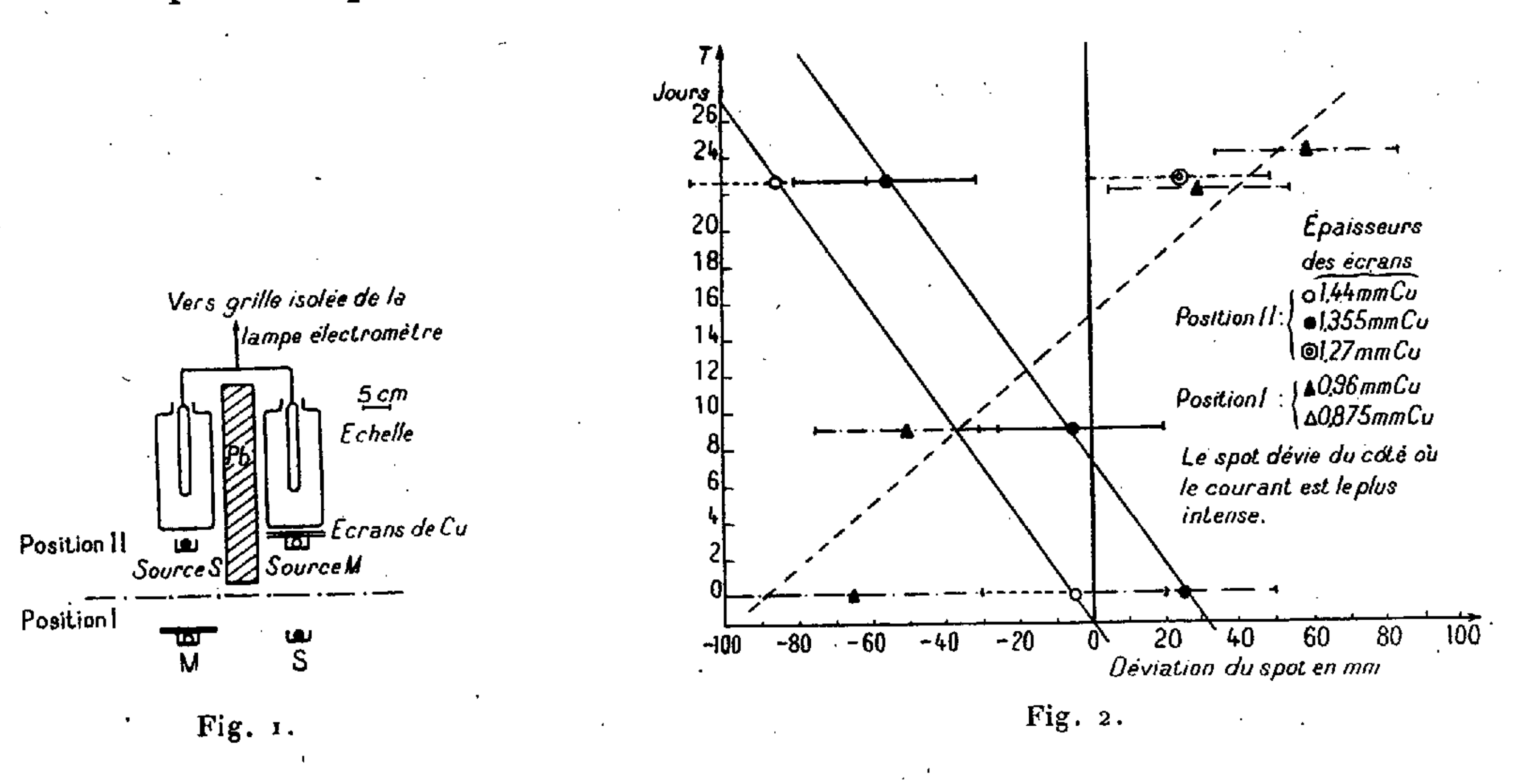


Fig. 1.

Fig. 2.

et 2. On observe en fonction du temps un déplacement lent de la position moyenne du spot correspondant à une période de la source M plus petite que celle de la source S. Cet effet se conserve lorsqu'on effectue les mesures en inversant l'ordre des sources pour éliminer toute dissymétrie de l'appareil détecteur. Le déplacement du spot correspond à une variation de période au moins égale à 1 %.

5. *Ces résultats permettent d'affirmer que l'ionisation de l'atome* ^{7}Be *modifie la période de capture du noyau d'au moins* 1 % ; *c'est la première fois qu'on influence*

([7]) A. Rogozinsky, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 427.

par voie chimique la période d'un rayonnement nucléaire. Ces expériences mettent aussi en évidence l'existence de la capture L *dont on n'avait aucune preuve expérimentale.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Application de l'effacement des images latentes à l'étude des réactions nucléaires.* Note (*) de Mme **Henriette Faraggi**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Lorsque l'on étudie une transmutation à l'aide de la chambre de Wilson ou de l'émulsion photographique, on déduit les énergies mises en jeu de la mesure des parcours des noyaux formés dans la réaction. Si l'énergie cinétique communiquée au noyau étudié par l'impact du projectile incident est négligeable, ce qui est un cas fréquent, on observe une trace unique sensiblement rectiligne, qui totalise les parcours de la particule émise et du noyau résiduel, lancés avec des quantités de mouvement égales et opposées par l'explosion du noyau intermédiaire. On ne peut pas en général (sauf dans les chambres de Wilson à très basse pression) déterminer à l'œil l'origine de la transmutation; il en résulte une assez grande indétermination sur le parcours réel de la particule légère, et sur l'énergie de la réaction, ce qui diminue la précision que l'on peut espérer par ces méthodes, pour les noyaux dont le recul n'est pas négligeable.

Or, lors de l'étude de l'effacement des images latentes des particules chargées dans les émulsions photographiques ([1]), nous avions constaté que l'origine des traces disparaissait avant leur extrémité. En faisant subir un effacement partiel à la plaque contenant à l'état latent les traces d'une transmutation, il était donc logique d'espérer faire apparaître une lacune à l'origine de la transmutation :

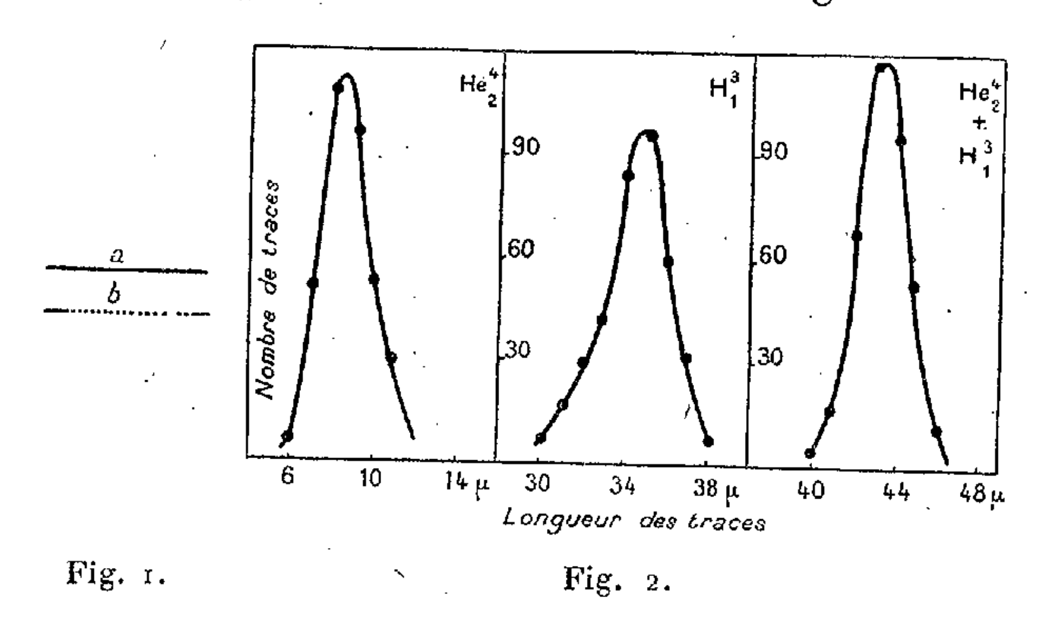


Fig. 1. Fig. 2.

c'est ce que l'expérience a pleinement confirmé. Les traces de He_2^4 et H_1^3 formées dans la réaction Li_3^6 $(n\alpha)$ H_1^3 qui, au développement direct, ont l'aspect d'une ligne parfaitement continue telle que l'indique la figure 1 (a), prennent, après

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) Faraggi et Albouy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 717.

avoir subi un début d'effacement, l'aspect figure 1 (*b*). En prolongeant plus ou moins l'effacement on peut donner à la lacune les dimensions que l'on veut.

On peut obtenir un effacement partiel rapide en maintenant la plaque deux à trois quarts d'heure dans la vapeur d'eau oxygénée (2) ou quelques heures dans la vapeur d'eau ordinaire (3). L'effacement dû à la vapeur d'eau, moins brutal que celui qui est dû à l'eau oxygénée, permet un réglage commode des dimensions de la « lacune ». Contrairement à l'observation de Yagoda, les plaques au lithium que nous avons utilisées n'ont pas résisté aux agents d'affaiblissement.

Les mesures séparées des parcours des deux fragments et de la longueur totale de la trace, sont représentées figure 2. Les dimensions finies de la lacune entraînent un faible élargissement des courbes des fragments par rapport à celle du parcours total, ainsi qu'une légère dissymétrie. L'erreur totale reste cependant inférieure à 2 %.

L'énergie dégagée, que l'on peut calculer en tenant compte des déterminations les plus précises des masses des noyaux mis en jeu (4), est de $4,7 \pm 0,2$ MeV. Ceci nous permet d'établir entre les parcours dans l'émulsion des α, des tritons et des protons et leur énergie cinétique les relations suivantes :

	He_2^4.	H_1^3.	H_1^1.
Parcours (μ)...............	$8,2 \pm 0,2$	$34,8 \pm 0,2$	$11,60 \pm 0,06$
Énergie (MeV)............	$2,0 \pm 0,15$	$2,70 \pm 0,15$	$0,91 \pm 0,05$

La corrrespondance *parcours-énergies* que l'on obtient ainsi pour les protons est en bon accord avec les déterminations de Lattes, Fowler et Cüer (5). L'accord est moins bon pour les α, sans toutefois impliquer une contradiction, étant donnée la grande marge d'erreur existant dans le domaine des faibles énergies.

En utilisant cet artifice pour d'autres réactions nucléaires, on peut espérer : 1° obtenir directement le parcours exact de la particule légère et par suite une *détermination plus précise des énergies de réaction*; 2° préciser les relations *parcours-énergies* pour les particules légères, en utilisant des réactions d'énergie connues; et 3° établir les *relations* parcours-énergies *pour les noyaux résiduels en recul,* qui sont très mal établies expérimentalement jusqu'à présent.

---

(2) YAGODA et KAPLAN, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 634.

(3) COPPENS, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 61; ALBOUY, communication privée.

(4) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 809; *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 549; *Bull. of Amer. Phys. Soc.*, 23, n° 3, 1948.

(5) LATTES, FOWLER et CÜER, *Proceed. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 883.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'eau sur la cellulose* II (mercerisée). Note (*) de M. **Charles Legrand**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Pour étudier les modifications possibles du réseau de la cellulose II, sous l'action de l'eau, par la diffraction des rayons X, nous avons utilisé la technique que nous avons déjà employée pour l'étude de l'hydratation de la cellulose native (1).

Nous nous sommes adressé aux divers lots de ramie déjà examinés et dont les paramètres cristallins ont été précédemment déterminés avec précision (2).

Nous avons retenu quatre séries d'échantillons correspondant aux traitements suivants :

Série A :	mercerisation avec une solution de NaOH à	30 %	pendant	15 minutes.
» B :	»	30 %	»	1 heure.
» C :	»	18 %	»	15 minutes.
» D :	»	18 %	»	20 heures.

Ces opérations ont été réalisées à la température ordinaire et aucune tension n'était exercée sur les fibres. Après lavages répétés à l'eau distillée, celles-ci étaient séchées à 60°C.

Les clichés de diffraction ont été obtenus avec les fibres complètement desséchées par séjour pendant plusieurs jours dans la chambre même de diffraction à 110°C. en présence de P_2O_5 et avec les mêmes fibres après l'action de la vapeur d'eau saturante à 60°C.; les fibres étaient placées en atmosphère humide 24 heures au moins avant la prise du cliché et l'action de la vapeur d'eau se poursuivait pendant l'exécution du diagramme.

Les enregistrements microphotométriques ont été réalisés au laboratoire de Physique de l'atmosphère par les soins de Mme et M. Vassy. Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau suivant :

		Distances réticulaires.			Paramètres cristallins.		
		101 (Å).	$10\bar{1}$ (Å).	002 (Å).	*a* (Å).	*c* (Å).	β (°).
Série A.	Échantillon sec........	7,30	4,42	4,12	7,96	9,33	62,0
	» hydraté....	7,45	4,45	4,08	8,20	9,29	61,5
Série B.	Échantillon sec........	7,25	4,41	4,08	7,95	9,22	62,3
	» hydraté....	7,36	4,42	4,04	8,13	9,17	61,8
Série C.	Échantillon sec........	7,27	4,41	4,08	7,97	9,23	62,2
	» hydraté....	7,42	4,43	4,05	8,24	9,23	61,3
Série D.	Échantillon sec........	7,27	4,40	4,06	7,98	9,19	62,1
	» hydraté....	7,40	4,42	4,04	8,17	9,20	61,5

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) C. Legrand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1983.

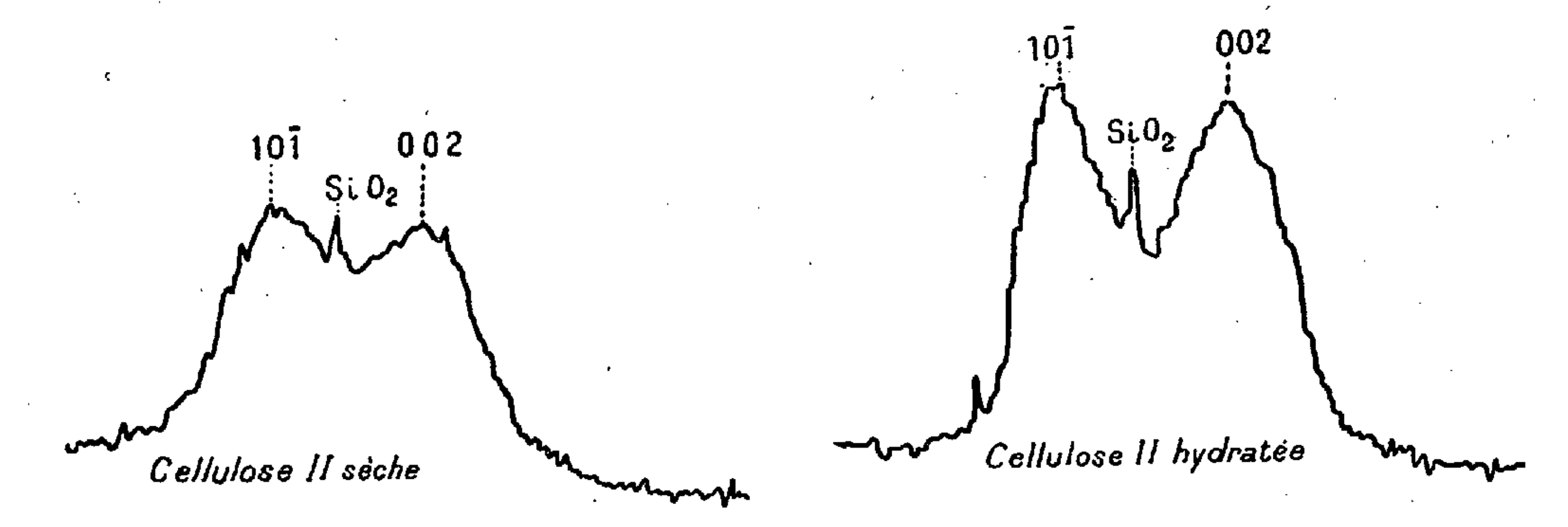
(2) C. Legrand, *loc. cit.*

On a vérifié que la période de fibre n'est pas altérée par l'introduction de l'eau dans le domaine cristallin de la cellulose mercerisée. Les erreurs expérimentales peuvent atteindre 0,05 Å en moyenne pour la détermination de *a* et *c*.

On voit que, quelles que soient les conditions de mercerisation, les résultats sont à peu près identiques. L'hydratation se traduit dans le plan *ab* par la croissance du côté *a* (environ 2 %) tandis que *c* reste constant; l'angle β diminue d'environ 1/2 degré. Ces résultats sont en accord qualitatif avec ceux de P. H. Hermans et Weidinger ([3]), mais en diffèrent quantitativement. Ces auteurs trouvent en effet une augmentation pour *a* de l'ordre de 5 %, pour *c* de 2 % et une diminution pour β de 3°. Ils signalent seulement un accroissement de la distance réticulaire (101) de 0,35 Å. Nous trouvons pour cette variation une valeur nettement plus faible, 0,15 Å environ.

Par contre, nous observons, par hydratation des fibres, un éloignement relatif des interférences ($10\bar{1}$) et (002) qui n'a pas été noté par ces auteurs. Or, sur tous nos clichés, les enregistrements décèlent pour l'écart angulaire qui sépare les réflexions ($10\bar{1}$) et (002) un accroissement d'environ 8′ en moyenne.

De plus la forme des taches d'interférence correspondantes est modifiée par



l'hydratation. Ainsi que le montre la reproduction de deux enregistrements microphotométriques, les maxima correspondant à ($10\bar{1}$) et (002) sont mieux séparés, puisque l'écart angulaire de ces interférences a augmenté, mais en outre ces maxima sont plus nets, plus aigus dans le cas des fibres humides. Il semble que la cristallisation soit meilleure que dans le cas de la cellulose sèche.

Les molécules d'eau agissant par les forces de valence secondaires mises en jeu vis-à-vis de certains groupes oxhydriles favoriseraient l'établissement d'un meilleur ordre relatif des chaînes. Pour comprendre ce rôle de l'eau, il faut envisager deux molécules d'eau reliées soit à un même oxhydrile soit à deux oxhydriles du même groupe gluco-pyranose. L'une et l'autre de ces hypothèses sont en accord avec le fait que chimiquement il a été montré ([4]) que la cellulose II fixe deux fois plus d'eau que la cellulose native.

([3]) *J. of Coll. Sc.*. 1, 1946, p. 185.

([4]) G. Champetier, *Ann. de Chimie*, 20, 1933, p. 5.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Étalement des huiles sur les métaux.* Note (*) de MM. **René Dubrisay** et **François Arlet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'étalement des liquides sur les solides, et spécialement des huiles sur les métaux a fait l'objet de nombreuses recherches, motivées en particulier par son importance technique dans les phénomènes de lubrification ([1]).

Les divers auteurs qui se sont occupés de cette question ont mis en évidence l'influence de la nature et de l'état de la surface métallique (dépolie, polie métallographiquement ou électrolytiquement) ainsi que de la nature du liquide. Nous voudrions exposer ici les résultats de quelques recherches montrant le rôle joué par la réaction chimique de l'huile sur le métal, ainsi que par la nature des produits de cette réaction.

Nous avons sur du cuivre électrolytique poli métallographiquement déposé de l'huile de paraffine soit pure ([2]), soit additionnée d'une petite quantité d'un acide aliphatique supérieur (oléique, stéarique, etc.). Les résultats obtenus peuvent être résumés comme il suit :

1° Comme il est connu, une goutte d'huile pure s'étale lentement.

2° Si l'on a ajouté une petite quantité d'acide oléique, l'étalement est à la fois plus rapide et plus important (tableau I).

Tableau I. — *Diamètre maximum de la goutte sur cuivre en centimètres.*

	Huile seule.	Huile additionnée de 1 % d'acide oléique.	Huile à 10 % d'acide oléique.
Début de l'expérience.........	0,675	0,50	1,2
Au bout de 2 jours...........	0,75	0,80	1,45
Au bout de 7 jours...........	0,80	1,50	3,0

3° Par contre l'addition d'acide stéarique ou d'acide palmitique est sans action (ou même exerce une légère action retardatrice) sur l'étalement (tableau II) ([3]).

(*) Séance du 23 août 1948.

([1]) Trillat et Fritz, *J. de Chim. Phys.*, **34**, 1937, p. 136 et **35**, 1938, p. 49; Woog, *Actualités Scientifiques*, **932**, 1942, p. 117; Merlok, *Thèse de doctorat*, Marseille, 1945 et *Journées des États de Surface*, Paris, 1945; Merigoux, *Thèse*, Paris, 1938.

([2]) Nous avons utilisé soit de l'huile de paraffine médicinale, reconnue exempte de toute trace d'acide gras, soit de l'hexadécane préparé par hydrogénation de l'hexadécène. Les résultats ont été identiques.

([3]) Cf. Trillat, *loco citato*, 1938 et Woog, *Comptes rendus*, 9 janvier 1928, p. 71.

TABLEAU II. — *Diamètre maximum des gouttes sur cuivre poli en centimètres.*

	Huile seule.	Huile à 1 % d'acide stéarique.	Huile à 1 % d'acide palmitique.
Début de l'expérience........	0,65	0,85	0,60
Au bout de 3 jours..........	0,70	0,85	0,60
Au bout de 8 jours..........	0,80	0,85	0,60

Ces particularités peuvent s'expliquer par le fait que l'acide oléique agissant sur le cuivre donne un oléate cuivrique soluble dans l'huile, qui réduit nettement la tension superficielle de ce liquide et, par suite, d'après la formule de Young relative au mouillage, facilite l'étalement de la goutte. La solubilité plus faible du stéarate ou du palmitate permet de comprendre que l'action de ces acides soit différente.

Cette interprétation se trouve justifiée par les observations suivantes :

a. En l'absence d'oxygène ou d'humidité, l'addition d'acide oléique est sans aucune action sur la vitesse ou l'étendue de l'étalement de la goutte (tableau III).

TABLEAU III. — *Diamètre maximum de la goutte (en l'absence d'oxygène).*

	Huile	
	pure.	à 1 % d'acide oléique.
Début de l'expérience................	1,05	1,0
Au bout de 8 jours..................	1,5	1,0

Or, l'un de nous a montré que les acides gras supérieurs, dissous dans les liquides organiques, n'attaquaient le cuivre qu'en présence d'oxygène ou d'humidité ([4]).

b. Des phénomènes analogues se produisent avec le plomb qui, lui aussi, est attaqué par les solutions organiques d'acide oléique en présence de l'air. Par contre, une goutte d'huile déposée sur le nickel se comporte exactement de la même façon, qu'elle soit ou non additionnée d'acide oléique. Or, il a été montré ([4]) que le nickel résistait en présence d'air aux solutions organiques d'acides gras.

TABLEAU IV. — *Diamètre maximum des gouttes sur nickel poli, à l'air.*

	Huile		
	— pure.	à 1 % d'ac. oléique.	à 10 % d'ac. oléique.
Début de l'expérience.............	0,9	0,9	0,85
Au bout de 21 jours..............	1,05	0,9	0,9
» 45 »	1,05	1,0	1,0

([4]) DUBRISAY, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1101; **210**, 1940, p. 533; **213**, 1941, p. 837.

Tout ceci est à rapprocher des procédés imaginés par divers auteurs (Woog, Simard, etc.), qui ont amélioré les propriétés lubrifiantes des huiles en y incorporant des produits susceptibles d'attaquer les métaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions de quelques dérivés cyclohexéniques. Action des hydracides et du N-bromosuccinimide.* Note (*) de MM. **Max Mousseron** et **Georges Manon**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. *Fixation d'hydracides.* — De nombreux auteurs ont étudié la condensation de l'acide bromhydrique sur les cyclènes; Ipatiew ([1]) utilise un mélange acéto-bromhydrique; Fortey ([2]), von Braun et collaborateurs ([3]) emploient l'acide bromhydrique fumant; O'Connor et divers auteurs ([4]) montrent que la fixation d'acide chlorhydrique est réduite et dépend du solvant; Amand ([5]) examine comparativement les cyclènes en C_5 et C_6, ...

Nous avons tenté l'addition de l'acide chlorhydrique gazeux et sec à une température voisine de 5° en présence de catalyseurs, la fixation étant nulle en leur absence. Le chlorure d'aluminium conduit à des produits de polymérisation du cyclohexène, même en présence de solvants tels que benzène, sulfure de carbone, etc.; au contraire, en utilisant le chlorure stannique (5 à 10 %), on isole le dérivé chloré avec un rendement voisin de la théorie, les composés de polymérisation étant le plus souvent en faible quantité. Les résultats ne sont pas identiques avec l'acide bromhydrique gazeux, l'hydracide se fixant sans catalyseur.

Le méthyl-1 cyclohexène donne le méthyl-1 chloro-1 cyclohexane; le méthyl-1 cyclohexène-2 fournit le méthyl-1 chloro-2 cyclohexane; le méthyl-1 cyclohexène-3 conduit à un mélange de méthyl-1 chloro-3 et chloro-4 cyclohexane, alors que Markownikoff ([6]) avait indiqué la fixation de l'halogène de l'acide bromhydrique en position 3. Le méthènecyclohexane donne, en présence ou non de chlorure stannique, le méthyl-1 chloro-1 cyclohexane sans trace de chlorométhylcyclohexane; cette réaction rappelle l'action de l'acide chlorhydrique aqueux sur le méthènecyclobutane ([7]). Le chloro-1 cyclohexène conduit au dichloro-1.2 cyclohexane vraisemblablement *trans*.

Le propyl-1 cylopentène permet d'isoler le propyl-1 chloro-1 cyclopentane; le benzyl-1 cyclohexène donne également le dérivé chloré tertiaire, alors que le

(*) Séance du 18 août 1948.

([1]) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3217.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 73, 1898, p. 948.

([3]) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 1750.

([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1454.

([5]) *Thèse Ing.-Doc.*, Paris, 1945.

([6]) *Ann. Chem.*, 341, 1905, p. 137.

([7]) Shand, Schomaker et Fischer, *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 636.

phényl-1 cyclohexène conduit à des substances polymérisées par suite de la présence de doubles liaisons conjuguées.

L'addition de l'acide chlorhydrique gazeux a été réalisée sur le dihydro-1.4 naphtalène en opérant en milieu benzénique vers 5° et ajoutant peu à peu une solution benzénique de chlorure stannique; le chloro-2 tétrahydronaphtalène (Rt. 60 %) a été identifié selon la technique de Schrœter ([8]) à côté du naphtalène et d'une petite quantité de substances polymérisées. Dans des conditions identiques, le dihydro-1.2 naphtalène, possédant des doubles liaisons conjuguées, ne donne que des polymères, tandis que l'acide bromhydrique gazeux sans excès est fixé sans catalyseur avec formation de bromotétrahydronaphtalène $É_5$ 120°, d_{25} 1,45 à côté de polymères en proportion notable.

II. *Action du* N-*bromosuccinimide*. — Il a été trouvé ([9]) que les dihydro-1.2 et 1.4 naphtalènes conduisaient au naphtalène et respectivement à une certaine quantité de dérivé dibromé F 71° et F 74°; la tétraline fournit le naphtalène ([10]).

La tétrahydroquinoléine conduit à un dérivé bromé sur le noyau aromatique, probablement en 5.

Le chloro-1 dihydro-3.4 naphtalène et le méthyl-2 dihydro-3.4 naphtalène réagissent facilement en donnant des composés monobromés instables qui se déshalogènent en fournissant les dérivés naphtaléniques correspondants. Au contraire, le méthyl-1 dihydro-3.4 naphtalène donne difficilement un dérivé bromé sur le noyau aromatique, l'halogène étant solidement fixé; nous avons en effet antérieurement montré ([11]) que les alcoyl-1 cyclènes ne peuvent s'halogéner qu'en α de la substitution. Le méthyl-2 octahydro-1.4.5.6.7.8.9.10 naphtalène donne un dérivé bromé stable, que l'iodure de méthylmagnésium transforme vraisemblablement en composé diméthylé-1.2 $É_{25}$ 100°, d_{25} 0,912, n_D^{25} 1,5004.

Quelques réactions de déshalogénation suivie d'aromatisation du noyau ont été étudiées en série cyclohexénique. L'éthylone-1 cyclohexène, l'éthoxy-1 cyclohexène-2 ([12]) donnent des dérivés dibromés peu stables que le chauffage avec la pyridine ou le traitement par le bromure d'éthylmagnésium déshalogènent respectivement en acétophénone et en phénol. Le diéthylamino-1 cyclohexène-2 donne de faibles quantités de diéthylaniline après bromuration et déshalogénation par la soude. La cyclohexène-1 one-2, traitée par le bromosuccinimide suivie d'une déshalogénation par la soude, fournit principalement du phénol à côté d'une faible proportion d'une bromocyclénone possédant un brome en α du carbonyle et conduisant, selon une réaction de Faworsky, à l'acide cyclopentène-2 carboxylique.

([8]) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **71**, 1938, p. 1040.

([9]) Mousseron, Manon et Winternitz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **14**, 1947, p. 759.

([10]) Barnes, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 145.

([11]) Mousseron, Winternitz et Jacquier, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1062.

([12]) Ziegler et collaborateurs, *Ann. Chem.*, **551**, 1942, p. 80.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de l'hydrocarbure* $C_{25}H_{20}$. *Transposition rétropinacolique par déshydrogénation.* Note de MM. **Dimitre Ivanoff, Tchavdar Ivanoff** et Mme **Boïca Stoïanova-Ivanova**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente (1) nous avons signalé que par bromuration de $C_{25}H_{22}$ ou de ses hydrures on obtient toujours un mélange de deux bromures isomères $C_{25}H_{19}Br$, lesquels, par l'intermédiaire des organomagnésiens, donnent le même hydrocarbure $C_{25}H_{20}$. Plus loin nos essais ont montré que cet hydrocarbure s'obtient également par bromuration de $C_{25}H_{22}$ avec une molécule de brome, contrairement à l'affirmation de Delacre que dans ce cas la moitié de l'hydrocarbure reste intacte. Nous avons obtenu le même hydrocarbure, beaucoup plus pur et avec un rendement de 50 % par déshydrogénation de $C_{25}H_{22}$ au moyen d'une molécule d'acide nitrique en milieu acétique.

On dissout 0,01 g/mol (3g,22) de $C_{25}H_{22}$ dans 40cm³ d'acide acétique glacial, on ajoute 0g,66 d'acide nitrique ($d=1,4$), dissous dans 20cm³ d'acide acétique glacial, on fait bouillir une minute (réaction exothermique) et on laisse cristalliser. On obtient 1g,6 de cristaux incolores qui, après recristallisation dans de l'alcool, fondent à 94-95° (point de fusion mixte avec $C_{25}H_{22}$ 78-85°).

Il ressort de la formule de $C_{25}H_{22}$ (I) que sa déshydrogénation est impossible sans un changement profond dans le squelette carboné. Si cette déshydrogénation s'effectuait entre le groupe méthylénique et l'atome d'hydrogène en ortho du groupe phénylique quaternaire ou bien du groupe phénylique en ortho, il devrait lors de la déshydrogénation de $C_{25}H_{20}$ au moyen de soufre s'éliminer du CH_3SH. Or une telle élimination n'est pas observée lorsque le $C_{25}H_{20}$ est chauffé à 250-270°, 0h,20′ avec du soufre. Donc ces structures doivent être abandonnées.

En tenant compte du fait que le carbure $C_{25}H_{20}$ ne se déshydrogène pas au moyen du soufre et que c'est un composé très stable (contrairement au carbure $C_{25}H_{22}$, il bout sous pression ordinaire à 380-390° sans décomposition), il s'ensuit que c'est un composé aromatique. Or, le passage du noyau hydroaromatique de $C_{25}H_{22}$ au noyau aromatique n'est possible que si l'un des substituants de l'atome de carbone quaternaire change de place avec un atome d'hydrogène du groupe méthylénique, ce qui veut dire qu'il s'effectue une *transposition rétropinacolique*.

Une pareille transposition devient beaucoup plus probable si l'on tient compte des faits suivants : 1° la tendance vers l'aromatisation du noyau hydroaromatique. On sait que la

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 482.
(2) *Bull. Acad. roy. de Belgique* (Cl. des Sciences), 8, 1903, p. 746.

déshydrogénation du dihydrobenzène est une réaction exothermique (3). D'autre part les triaryls-2.4.6 benzoyl-1 cyclohexène-3.4 ol-2, qui ont le même noyau que $C_{25}H_{22}$, sans avoir un groupe méthylique quaternaire, se déshydrogènent spontanément en milieu acétique, par l'oxygène de l'air (autoxydation) (4). Donc la déshydrogénation des composés du type $C_{25}H_{22}$ en composés aromatiques s'effectue encore plus facilement que celle des composés hydroaromatiques non substitués; 2° en $C_{25}H_{22}$ le groupe méthylénique se trouve dans la même position que le groupe méthylique de la dypnone. Or nous avons montré que la condensation dypnonique s'effectue grâce à la mobilité des atomes d'hydrogène du groupe méthylique de la dypnone (4). Il ressort donc que les atomes d'hydrogène du groupe méthylénique de $C_{25}H_{22}$ sont labilisés; 3° enfin, en tenant compte de ce que la transposition pinacolique s'effectue même lorsqu'il existe une possibilité de déshydratation sans migration d'un radical (transposition semipinacolique), il devient évident que la migration d'un radical n'est pas de nature à empêcher la déshydrogénation d'un composé hydroaromatique en composé aromatique.

Étant donné que l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ est incolore, la structure du méthyl-phényl-(diphényl-2.4)-fulvène qui s'obtiendrait par une transposition rétropinacolique accompagnée d'un rétrécissement du noyau, est à rejeter. De cette façon pour $C_{25}H_{20}$ ne sont à retenir que les formules (II) et (III).

H_3C C_6H_5 / C / HC, CH_2 / C_6H_5—C, C—C_6H_5 / CH (I)

CH_3 / C / HC, C—C_6H_5 / C_6H_5—C, C—C_6H_5 / CH (II)

C_6H_5 / C / HC, C—CH_3 / C_6H_5—C, C—C_6H_5 / CH (III)

En tenant compte des recherches de Meerwin, selon lequel la capacité affinitaire du groupe phénylique dépasse de beaucoup celle du groupe méthylique, nous avons considéré comme plus probable la formule (III). Pour démontrer cette formule nous avons essayé en partant de benzaldiacétophénone une synthèse de (III) d'après la méthode de W. Schneider et G. Gramms (5) utilisée par eux pour la synthèse de méthyl-1 trianisyl-2.4.6 benzène. Or, l'hydrocarbure obtenu fond à 119°,5-120°,5 corr. et il est nettement différent de celui que nous avons obtenu par la déshydrogénation de $C_{25}H_{22}$. Il faut donc admettre que l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ a la structure (II), bien qu'elle semble moins probable et que par conséquent lors de sa formation il s'effectue une transposition rétropinacolique avec migration du groupe phénylique.

En étudiant la structure du produit de la bromuration de méthyl-1-trianisyl-1.3.5 dihydrobenzène-(1.2), W. Schneider et H. Keller (6) ont également obtenu un résultat inattendu. Ces auteurs ont isolé un composé, qui

(3) G. B. Kistiakowsky et Collaborateurs, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 152.
(4) D. Iwanow et Tsch. Iwanow, *Ber. d. chem. Ges.*, 76, 1943, p. 1150; 77, 1944, p. 173.
(5) *Ber. d. chem. Ges.*, 69, 1936, p. 2543.
(6) *Ber. d. chem. Ges.*, 74, 1941, p. 729.

s'est montré différent du méthyl-1 trianisyl-2.4.6 benzène. En soumettant ce corps à l'oxydation au moyen de CrO_3 ils obtiennent l'anisile, ce qui prouve que dans le noyau deux radicaux aryliques sont en ortho.

Ainsi donc par déshydrogénation au moyen de brome ou d'acide nitrique de systèmes di- tétra- et hexahydroaromatiques arylsubstitués contenant un atome de carbone quaternaire, on obtient le composé aromatique correspondant, formé par une transposition rétropinacolique réalisée par la migration du groupe arylique quaternaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence du traitement de printanisation sur les glucides de l'embryon du grain de Blé.* Note (*) de MM. **Roger David** et **Jean Séchet**, présentée par M. Henri Devaux.

Dans un précédent travail ([1]) l'un de nous a signalé que le poids sec du germe de Blé séparé de l'albumen, est toujours plus élevé chez les semences printanisées que chez les témoins. Le traitement à basse température provoque donc l'accumulation dans l'embryon de substances provenant de l'albumen. Or, l'étude cytologique des embryons ([2]) ne permet pas de déceler la nature de ces composés. On note tout au plus la présence de grains d'amidon sensiblement plus volumineux et plus nombreux chez les sujets printanisés que chez les témoins. Seule une étude chimique pouvait nous renseigner.

L'albumen comportant de nombreuses réserves amylacées, on pouvait penser que l'augmentation du poids de l'embryon par rapport au témoin, sous l'influence du traitement, provenait de l'accumulation de glucides solubles.

Nous avons donc, *après séparation de l'albumen*, dosé les glucides solubles (réducteurs et non réducteurs) et insolubles, *chez les embryons et les jeunes plantules*, d'une part pendant les cinq premiers jours de la germination à 25°C., d'autre part, après un traitement de un mois et deux mois de printanisation.

Pour cela, après fixation des plantules et extraction des glucides à l'alcool bouillant, la solution glucidique a été distillée sous pression réduite. Les glucides réducteurs étaient alors dosés après défécation par le procédé Bertrand, dans la solution aqueuse ainsi obtenue.

Les glucides solubles totaux ont été dosés après transformation des sucres non réducteurs en sucres réducteurs par hydrolyse acide (SO_4H_2, 1 % au bain-marie bouillant). Le dosage des holosides hydrolysables par l'invertase a été également effectué (invertase de levure, 37° C.).

Enfin, nous avons dosé les glucides insolubles, susceptibles d'être transformés en sucres réducteurs après hydrolyse acide (SO_4H_2), 1 % à 120° C. pendant une heure et demie.

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) R. David, *Journ. des Rech. du C. N. R. S.*, **1**, 1947, p. 11 et 12.

([2]) *C. R. Soc Biol.*, **139**, 1945, p. 299, 560 et 643; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 146.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Age des plantules.	Quantité de glucides pour 1000 plantules (exprimée en milligrammes de glucose). Glucides solubles. Réducteurs libres.	Réducteurs après hydrolyse à l'invertase.	Réducteurs après hydrolyse acide.	Glucides insolubles.	Caractéristiques des plantules. Poids sec moyen de 50 plantules (en mg).	Longueur moyenne du coléoptile (en mm).
Témoin 2 jours...	39,4	–	423	635	–	2,5
» 3 » ...	117,1	–	703	828	155,5	3
» 3 » ...	186,6	329,1	658,3	1026	–	4
» 3 » ...	232	581,2	757,7	828,1	164	4,3
» 3 » ...	196,8	–	756,6	912,5	193,9	6
» 4 » ...	344,3	656,2	937,5	968,7	247,5	10
» 5 » ...	591,6	–	1566	1333	305,4	17
Printanisée 33 » ...	144,5	–	1325	993,7	282	5
» 33 » ...	176,75	662,5	1468,7	1040,6	283	5,6
» 35 » ...	196,8	–	1362	1162	259,5	4
» 56 » ...	453,1	–	2468,7	1937,5	386,3	11,5
» 60 » ...	384,3	1012,5	1956	1187,5	434,5	12,6

L'examen des courbes ci-dessous montre que si l'on compare des plantules

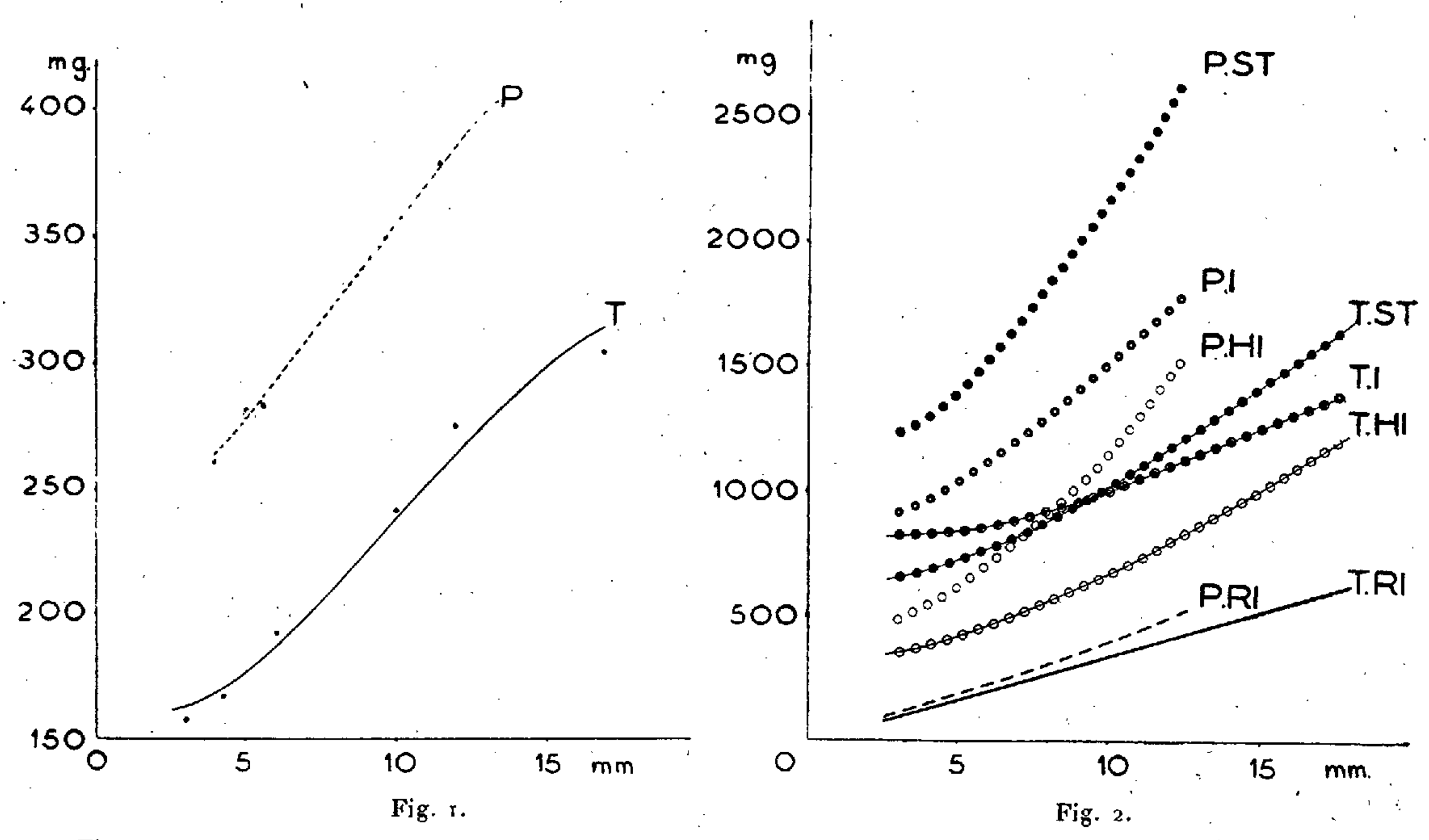


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe exprimant les variations du poids sec de 50 plantules isolées de l'albumen (printanisées et témoins), en fonction de la taille. P, semences printanisées; T, témoins : semences ayant germé à 25° C.

Fig. 2. — Courbe représentant les variations de la teneur en glucides des plantules isolées (printanisées et témoins). P. RI., printanisées, glucides réducteurs libres; T. RI., témoins, glucides réducteurs libres; P. HI., printanisées, glucides réducteurs après hydrolyse à l'invertase; T. HI., témoins, glucides réducteurs après hydrolyse à l'invertase; P. ST., printanisées, glucides solubles totaux (réducteurs et non réducteurs); T. ST., témoins, glucides solubles totaux; P. I., printanisées, glucides insolubles; T. I., témoins, glucides insolubles.

de même taille, les unes printanisées, les autres germant à 25° C., leur teneur en glucides est toujours nettement supérieure quand elles proviennent de semences printanisées (qu'il s'agisse de glucides solubles réducteurs ou non réducteurs, ou même de glucides insolubles).

En outre, l'hydrolyse diastasique montre que les holosides hydrolysables représentent une partie seulement des sucres solubles non réducteurs qui s'accumulent dans l'embryon pendant la printanisation.

En résumé, *les jeunes plantules des semences printanisées* (c'est-à-dire celles qui donneront par la suite des plantes fertiles) *contiennent plus de glucides* (solubles ou non) que les plantules témoins (on sait que ces dernières en s'accroissant donnent des plantes qui restent toujours stériles) [3].

Ces résultats, relatifs à des semences en germination, sont à rapprocher de ceux qui ont été obtenus avec des plantes adultes et selon lesquels la floraison est favorisée par l'accumulation des hydrates de carbone.

BIOLOGIE. — *Effets antagonistes de l'adrénaline et de la thyroxine dans la masculinisation de la crête du Chapon.* Note (*) de M. **Fernand Caridroit**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans de nombreuses expériences et par des modes différents, nous avons montré l'importance de la thyroïde sur la réceptivité de la crête du Chapon aux hormones mâles [1]. Nos résultats ont été confirmés depuis par B. B. Blivaiss [2]. Comme il existe une synergie entre adrénaline et tyroxine, pour le métabolisme, que les travaux récents de G. Schæffer et O. Thibault [3] ont précisée, il était indiqué de rechercher si la réceptivité de la crête n'était pas également modifiée par la combinaison des deux hormones.

Nous avons employé 12 Chapons Leghorn dans nos expériences. Ils ont été divisés en 4 groupes de 3 animaux; tous reçoivent par jour $20^{\mu g}$ de propionate de testostérone. Le 1er groupe ne reçoit que l'hormone mâle, le second a, en plus, 1^{mg} de thyroxine par jour, en injection intra-musculaire, le 3^e $0^{mg},5$ d'adrénaline en injection intra-musculaire, le 4e, 1^{mg} de thyroxine et $0^{mg},5$ d'adrénaline en injection intra-musculaire. L'expérience dure 5 jours; les mesures de la longueur et de la hauteur de la crête ont lieu chaque jour, mais nous ne considérerons que les mesures du 6e jour. L'essai a été recommencé 3 semaines après le premier sur les mêmes animaux, mais en les changeant de groupe, ce qui fait que nous avons 6 nombres pour chaque cas.

---

(3) *Comptes rendus,* **219,** 1944, p. 628-630.

(*) Séance du 2 août 1948.

(1) F. Caridroit et V. Régnier, *Revue Scientifique,* **79,** 1941, p. 309-315.

(2) *J. of. exp. Zool.,* **104,** 1947, p. 267-310.

(3) *C. R. Soc. Biol.,* **139,** 1945, p. 855-856.

L'accroissement moyen en millimètres de la somme L + H, avec l'erreur moyenne probable, est le suivant :

1° Avec $20^{\mu g}$ de prop. de testostérone : $5,5 \pm 0,7$;

2° Avec $20^{\mu g}$ de prop. de testostérone et 1^{mg} de thyroxine : $13 \pm 0,9$;

3° Avec $20^{\mu g}$ de prop. de testostérone et $0^{mg},5$ d'adrénaline : $1,6 \pm 0,7$;

4° Avec $20^{\mu g}$ de prop. de testostérone $0^{mg},5$ d'adrénaline et 1^{mg} de thyroxine : $6,6 \pm 0,5$.

Ces expériences confirment l'effet favorisant de la thyroxine et montrent l'action frénatrice de l'adrénaline.

Pour interpréter ce phénomène, nous pouvons d'abord écarter l'idée d'un défaut d'absorption de l'hormone mâle au point d'injection, les séries de piqûres étant éloignées l'une de l'autre. Il ne semble pas non plus que la cause réside dans une vasoconstriction généralisée qui modifierait la nutrition de la crête; en effet, on comprendrait mal que tout le retentissement de l'administration de thyroxine ne soit pas annulé quand on injecte simultanément hormone thyroïdienne et hormone médullaire, d'autant plus que l'une et l'autre sont vasoconstrictrices.

Il faut donc admettre que la réceptivité des tissus de la crête du Chapon à l'hormone mâle doit être considérée comme une propriété intrinsèque qui a ses effets diminués par l'adrénaline, augmentés par la thyroxine, en dehors de toute action générale sur la circulation et le métabolisme.

THÉRAPEUTIQUE. — *La pénicilline dans le traitement de la mammite streptococcique des vaches laitières.* Note (*) de MM. **Paul Groulade**, **Paul Saurat** et **Jean Verge**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La mammite streptococcique des vaches laitières, due essentiellement à *streptococcus agalactiæ* ou à des germes très voisins du type *dysgalactiæ* et *uberis*, constitue à l'heure actuelle un fléau de l'agriculture mondiale. Elle inflige chaque année à l'élevage des pertes considérables dont on soupçonne mal l'importance, étant donnée l'évolution insidieuse du processus morbide.

C'est ainsi qu'en 1942, les États-Unis chiffraient à 20 millions de dollars les dommages causés chaque année par les mammites dans l'espèce bovine; l'Allemagne, en 1937, à 200 millions de reichsmarks; l'Angleterre, en 1945, à 5 millions de livres sterling avec un abaissement annuel de la production laitière d'au moins 250 millions de litres; la France, en 1945, à près de trois milliards de francs.

On conçoit, dans ces conditions, le puissant intérêt qui s'attache à la lutte, médicale et sanitaire, contre cette maladie.

(*) Séance du 23 août 1948.

La pénicillinothérapie représente aujourd'hui le traitement de choix des mammites streptococciques. La pénicilline doit être utilisée par la voie exclusivement mammaire : *infusion* dans la glande, par l'intermédiaire du canal du trayon et à la faveur d'une sonde spéciale, de l'antibiote en solution huileuse, glucosée ou chloro-sodique.

Après une traite à fond qui débarrasse la mamelle de tous les coagula lactés indésirables, la pénicilline est *infusée* au niveau des acini à la dose de 40000 unités dissoutes dans 50 à 100$^{cm^3}$ de l'excipient choisi, la quantité de liquide étant fonction de la valeur laitière et de la taille des vaches infectées.

L'intervention est répétée soit matin et soir durant 3 jours consécutifs, soit plus simplement une fois par 24 heures, 4 jours de suite.

Nos recherches ont porté sur 40 vaches atteintes de mammites streptococciques. L'épreuve bactériologique préalable a permis de déceler l'infection dans 43 quartiers : 42 hébergeaient *Streptococcus agalactiæ* ou un germe voisin ; un quartier recélait *Streptococcus pyogenes*.

En outre, plusieurs échantillons de lait renfermaient à la fois streptocoques et staphylocoques ou streptocoques et colibacilles.

Nous avons obtenu la guérison clinique de 33 quartiers, tandis que la guérison bactériologique n'était constatée que sur 27 quartiers seulement, lesquels ont dès lors retrouvé l'intégralité de leurs aptitudes sécrétoires. Toutefois deux récidives à longue échéance ont été enregistrées, venant par conséquent diminuer de deux unités les chiffres précédents.

Streptococcus agalactiæ apparaît donc très sensible à l'action bactériostatique, voire bactéricide de la pénicilline, ainsi que l'ont souligné, avec une impressionnante unanimité, les auteurs étrangers. L'amélioration de la mamelle se manifeste avec promptitude et déjà le lait reprend son aspect normal du 3e au 5e jour de traitement.

Le volume de l'excipient ne paraît guère influencer le pourcentage des guérisons. En revanche, et c'est là un fait qui mérite d'être souligné, l'utilisation d'une pénicilline colorée, donc nettement impure, semble donner plus que la pénicilline blanche des résultats nets et durables et mieux s'opposer à la fâcheuse apparition des récidives.

En résumé, la pénicillinothérapie représente à l'heure actuelle le traitement électif de la mammite streptococcique des vaches laitières, puisqu'elle permet la récupération fonctionnelle de la mamelle et la reprise normale de la sécrétion lactée dans environ 60 % des cas.

La séance est levée à 15^{h}30^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1948.

Pierre Lecomte du Noüy, par AUGUSTIN BOUTARIC. Extrait de la *Revue scientifique*, n° 3288, du 1er janvier 1948, fasc. I, 86e année, 1 fasc. 32cm.

Homenaje al profesor Pedro Belou de sus ex-colaboradores y miembros del personal docente y tecnico del instituto de anatomia y 1a catedra de anatomia descriptiva de la facultad de ciencias medicas de Buenos-Aires en el 28° año de su ejercicio docente en la catedra universitaria. Buenos-Aires, Guillermo Kraft, 1941, 1 vol. 22cm.

Después de treinta años de actuación en la catedra disquisición conmigo mismo, par PEDRO BELOU. Extrait de *La Semana medica*, n° 29, 1944; 1 fasc. 19cm,5.

El Profesor Pedro Belou. Terminó su Trigésimo año de Docencia oficial en la catedra de anatomia descriptiva de la Facultad de ciencias médicas de Buenos Aires. Homenaje que le Tributanon sus ex-colaboradores y colaboradores. Buenos-Aires, *La Semana medica*, imp. de E. Spinelli, 1944; 1 fasc. 26cm,5.

Le guide des étoiles, par le capitaine de frégate PIERRE SIZAIRE. Paris, Les grandes éditions françaises, 1948; 1 fasc. 21cm (présenté par M. Durand-Viel).

Soil conditions and mineral deficiencies of plants, with special reference to deficiencies of the trace elements iron, manganese, boron, zinc, copper and molybdenum, by professor THOMAS WALLACE. Extrait des *Comptes rendus du Congrès de Pédologie* (*Montpellier-Alger*), 9-20 mai 1947; 1 fasc. 24cm.

Le docteur Jules Richard, directeur du Musée océanographique de Monaco, 1863-1945, par JULES ROUCH. Extrait de *Riviera scientifique. Bulletin de l'association des Naturalistes de Nice et des Alpes-Maritimes*, 35e année, 1948; 24cm,5.

Dynamic theory. Calculation of the age of the Solar System, as at Least 10,440 *Billion years*, par T. J. J. SEE, 1948 (ouvrage dactylographié); 26cm,8.

Ministère des Travaux publics et des Transports. Institut géographique national. *France*. Carte au 20.000. Édition en couleurs. *Situation au 1er janvier* 1948. 1 carte 91 × 75cm.

Id. — *France. Plans au* 20.000. Édition monochrome id. 1 carte 91 × 75cm.

Id. — *Tableau I. Nouvelle triangulation de la France. État d'avancement au 1er janvier* 1948; 1 carte 74,5 × 74,5.

Id. — *Nivellement général de la France. Réseaux de 1er, 2e et 3e ordres. État d'avancement du réseau de 4e ordre au 1er janvier* 1948; 1 carte 89 × 74cm,5.

Investigaciones agricolas, publié par MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACION. Buenos-Aires, 1948; 1 fasc. 21cm,5,

ERRATA.

(Séance du 28 juin 1948.)

Note de M. *Pierre Vallet*, Nouvelle présentation du tableau périodique des éléments, basée sur leur structure électronique :

Page 59, *Tableau périodique des éléments :* Les tirets qui figurent à la suite des éléments 2, 10 et 30 ont seulement pour but de matérialiser le début des colonnes du tableau. En particulier, ils ne correspondent pas à des cases énergétiques inoccupées comme ceux qui figurent dans les trois dernières lignes.

Note de M. *André Lichnerowicz* et Mme *Yvonne Fourès-Bruhat*, Théorème global sur les ds^2 extérieurs généraux d'Einsten :

Page 2120, ligne 9, *au lieu de* $R_{\alpha\beta}$, *lire* $S_{\alpha\beta}$;
Remplacer les lignes 18 et 19 par

$$\delta S_{\alpha}{}^{\beta} = \chi(\rho u_{\alpha}' u_{\beta} - p g_{\alpha\beta},$$
$$g^{\alpha\beta}\,\delta S_{\alpha\beta} = -\,g^{\alpha\beta}\,\delta R_{\alpha\beta} = \chi(\rho - 4p) > 0.$$

Note de M. *Jean G. Valatin*, La polarisation circulaire et l'opérateur rotationnel du champ de Maxwell :

Page 110, Note (1), au bas de la page, *au lieu de* 226, *lire* 227;
» 111, ligne 16, *au lieu de* $iE = \pm H.$, *lire* $iE = \mp H.$;
» 112, » 14, *au lieu de* $H = O$, *lire* $H = 0$,.

Note de M. *Paul Le Rolland*, Sur une nouvelle méthode de détermination de la dissipation d'énergie par frottement interne dans les corps solides :

Page 38, ligne 16, *au lieu de* $\frac{\Delta W'}{W'}$, *lire* $\frac{\Delta W'}{W}$;
» ligne 24, *au lieu de* $\frac{\tau}{T} = N$, *lire* $\frac{\tau}{T} = \frac{1}{4} N$;
» les lignes 28, 29, 30, 32, 33 sont à *supprimer*.

(Séance du 5 juillet 1948.)

Note de Mlle *Yvette Cauchois*, Recherches sur l'origine des bandes qui accompagnent les discontinuités X d'absorption de certains métaux à l'état de sels dissous :

Page 66, Note (3), au bas de la page, *au lieu de* sur la spectrochimie X et Zr de Hf, *lire* sur la spectrochimie X de Zr et Hf.

(Séance du 19 juillet 1948.)

Note de M. *Albert Raynaud*, Ébauches prostatiques des souris femelles nouveau-nées. Essai d'interprétation du développement des caractères masculins observés, à l'état spontané, chez les Mammifères de sexe femelle :

Page 230, ligne 33, *au lieu de* [*voir* (1), p. 351], *lire* [*voir* (1), p. 341];
» 231, » 26, *au lieu de* d'un caractère anatomique mâles, *lire* d'un caractère anatomique mâle;
Page 232, ligne 5, *au lieu de* chez divers embryons de Mammifères, *lire* chez divers embryons mâles de Mammifères;
Page 232, ligne 11, *au lieu de* des facteurs hériditaires, *lire* des facteurs héréditaires.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 SEPTEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la somme vectorielle des ensembles non parfaits de mesure nulle*. Note (*) de M. ÉMILE BOREL.

Dans des Notes précédentes j'ai montré comment les propriétés de la somme vectorielle de deux ensembles parfaits de mesure nulle dépendent de deux nombres que j'ai appelés la raréfaction logarithmique ρ et la raréfaction R.

Soient E un ensemble parfait de mesure nulle et D un ensemble dénombrable. L'ensemble $E+D$, somme vectorielle de E et de D, est un ensemble de mesure nulle qui est partout dense si D est partout dense. La somme vectorielle de deux ensembles $E+D$ et $E'+D'$ est égale à la somme vectorielle de $E+E'$ et de $D+D'$ et est donc de mesure nulle si $E+E'$ est de mesure nulle, et réciproquement. On peut donc convenir d'attacher à $E+D$ les mêmes raréfactions ρ et R qu'à l'ensemble E et étendre aux ensembles $E+D$ les théorèmes démontrés pour les ensembles E.

Mais il existe une autre manière de définir des ensembles G de mesure nulle partout denses; on se donne une infinité dénombrable d'intervalles I partout dense (dans l'intervalle fondamental 0 — 1) et dont les longueurs forment une série convergente Σ. Les points de G sont les points qui appartiennent à une infinité d'intervalles I. On peut alors définir la raréfaction de G d'après la rapidité de la convergence de la série Σ. Mais cette raréfaction n'a aucune influence sur la somme vectorielle de deux ensembles tels que G. En effet, la somme vectorielle de deux ensembles quelconques G et G′ se confond avec la somme vectorielle des deux intervalles ouverts sur lesquels ces ensembles sont denses. Ce résultat est si simple qu'il a certainement été déjà énoncé (¹), mais je n'en connais pas la référence.

Les propriétés de la somme vectorielle d'un ensemble E et d'un ensemble G dépendent des raréfactions respectives de ces deux ensembles.

(*) Séance du 6 septembre 1948.

(¹) Plus généralement, si l'on donne une infinité dénombrable d'ensembles G_n denses dans un même intervalle, il existe un ensemble Γ dense dans ce même intervalle, défini comme les G, et dont les points appartiennent à tous les G_n.

POLARIMÉTRIE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du chlorure titanique vaporisé*. Note (*) de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner**.

Des mesures portant sur près d'une centaine de corps purs, choisis parmi les types les plus divers de la chimie minérale et de la chimie organique, ont confirmé, très approximativement, l'*invariance* (prévue théoriquement) de l'expression :

$$[\Omega] = \frac{\Lambda}{d} \frac{9n}{(n^2+2)^2}$$

(Λ constante de Verdet, d densité, n indice de réfraction), dans le passage d'un même corps de l'état liquide à l'état gazeux. Cette grandeur spécifique a reçu le nom de *rotativité* (R. de Mallemann, 1926).

La loi ne s'applique pas au voisinage d'une région d'absorption (exemples : NO_2, Br_2), et l'on devait prévoir aussi, pour des raisons théoriques, que la relation pourrait se trouver en défaut dans le cas de corps manifestant des anomalies de rotation magnétique (dispersion, corps négatifs).

A ce point de vue, l'observation du chlorure titanique $TiCl_4$ présentait un intérêt tout particulier, cette substance étant diamagnétique, non absorbante (dans le visible), et néanmoins *négative*, avec une *dispersion de grandeur exceptionnelle* (dans l'état liquide).

Les difficultés expérimentales des mesures sur la vapeur tiennent à la valeur relativement élevée (136°) du point d'ébullition normal de $TiCl_4$, d'où l'obligation d'opérer sous une pression réduite, la température du bobinage devant rester inférieure à 100°.

a. Le *liquide*, soigneusement purifié par distillations répétées, a donné les résultats suivants :

$d_{20°} = 1,702$, $n_{17°,5} = 1,612$ ($\lambda = 578^{m\mu}$).

λ	578.	546.	436.
Rotations ($t = 17°,5$)	$-9°,01$	$-11°,19$	$-30°,9$
Dispersions	1	1,24	3,40

D'où l'on déduit

$$[\Lambda]^{578} = -2,80.10^{-6}, \quad [\Lambda]_M = -532.10^{-6} \text{ (radians)}.$$

b. La *vapeur* (non saturante) a été observée sous la pression de 191^{mm}, à la température de 96°.

Dans ces conditions, la rotation *double*, pour la raie jaune $578^{m\mu}$, sous une différence de potentiel magnétique voisine de 6.10^5 C. G. S., a été $-0°,270$ (la précision du résultat étant fixée à moins de 0°,01).

(*) Séance du 18 août 1948.

Le chlorure titanique est donc négatif dans l'état de vapeur comme dans l'état liquide. En outre, *la dispersion rotatoire a sensiblement les mêmes valeurs dans les deux états.* (Nous avons trouvé exactement le même nombre 1,24 pour le vert. Avec l'indigo, où les mesures visuelles sont très difficiles, les nombres sont restés compris entre 3,4 et 3,7.)

Pour évaluer la rotation *spécifique*, il ne pouvait être question de prendre simplement la densité de vapeur théorique; il importait essentiellement de mesurer cette densité dans les conditions mêmes de l'expérience optique.

Un appareil fut construit spécialement à cet effet par F. Suhner. Il comprend un ballon, des tubes de raccord avec robinets et un manomètre à mercure (les pièces sont soudées les unes aux autres); l'ensemble était complètement immergé dans un bain d'eau à 96°. Après remplissage sous la pression de 191^{mm} (le vide ayant été fait dans l'appareil), on détache le ballon au chalumeau, on le sèche et l'on pèse.

Masse spécifique de la vapeur

$$d = 1,626.10^{-3} \qquad (t = 96^{\circ},\ p = 191^{mm}).$$

Densité par rapport à l'air : 6,775 (Dumas, 6,836).

Dans les mêmes conditions, la densité théorique serait seulement 6,574.

Les rotations spécifiques et moléculaires, ainsi calculées, pour le jaune, ($\lambda = 578^{m\mu}$), ont les valeurs suivantes :

$$[\Lambda] = -2,42.10^{-6} \qquad [\Lambda]_M = -460.10^{-6}(\pm 10).$$

(Moyennes déduites de deux séries d'expériences indépendantes, le tube ayant été vidé puis rempli à nouveau de vapeur.)

On a donc

$$\frac{[\Lambda]_{\text{vapeur}}}{[\Lambda]_{\text{liquide}}} = 0,87\ (\pm 0,02),$$

alors que

$$\frac{9n}{(n^2+2)^2} = 0,686.$$

L'écart entre ces deux rapports est beaucoup trop grand pour que l'on puisse l'imputer à des erreurs expérimentales. Il faudrait admettre une erreur dépassant 25 % dans la mesure de la rotation magnétique, hypothèse absolument exclue, les lectures concordant à moins de 5 %.

Conclusion. — Le chlorure titanique fait exception à la règle des rotativités; le rapport des rotations spécifiques de la vapeur et du liquide est inférieur à l'unité, mais beaucoup moins que ne laisserait prévoir la grandeur de l'indice du liquide.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Recherches sur les fonctions harmoniques dans un carré, par Natan Aronszajn.

M. Georges Bidault de Lisle adresse un Mémoire intitulé : *La météorologie régionale et les crues de l'Yonne avant le* XX[e] *siècle.*

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la loi de distribution de la luminosité dans les nébuleuses elliptiques et leur structure.* Note (*) de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. André Danjon.

1. La distribution radiale $B(r)$ de la brillance dans les nébuleuses elliptiques est habituellement représentée, depuis les travaux de Hubble (1), par une formule à trois paramètres, dont deux au moins sont purement arbitraires et dépourvus de signification physique; cette formule a, de plus, le grave inconvénient de conduire à une luminosité totale infinie.

L'usage des dimensions *effectives*, précédemment définies (2), permet d'établir une nouvelle formule conduisant à une luminosité totale finie et ne contenant qu'un seul paramètre d'ajustement, le demi-grand axe effectif a_e, qui a un sens physique précis (isophote englobant 50 % de la luminosité totale).

Cette formule s'écrit

$$\log \mathcal{B} = -3{,}25\left(\alpha^{\frac{1}{4}} - 1\right), \tag{1}$$

si l'on pose $\alpha = a/a_e$ et $\mathcal{B} = B/B_e$, B_e étant la brillance relative à a_e.

2. Le tableau I, donnant pour cinq nébuleuses, de types E0 à E7, les valeurs de $\log \mathcal{B}$ en fonction de α, condense les éléments ayant permis d'établir et de vérifier la formule (1).

Ces données sont déduites des observations de Hubble (1), Redman (3) et Oort (4) et de nouvelles observations (5), compte tenu des erreurs systématiques des deux premières séries (5), (6).

(*) Séance du 6 septembre 1948.

(1) *Astroph. Journ.*, **71**, 1930, p. 231.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1692; *Contrib. Inst. Astroph. Paris*, série A, n° **18**.

(3) *Monthly Not.*, **96**, 1936, p. 588; **98**, 1938, p. 613.

(4) *Astroph. Journ.*, **91**, 1940, p. 273.

(5) *Ann. d'Astroph.*, **11**, 1948 (à paraître).

(6) *Journ. d. Observ.*, **31**, 1948, p. 113; *Contrib. I. A. P.*, série B, n° **23**.

... a_e α...	0,03.	0,05.	0,1.	0,2.	0,3.	0,5.	0,75.	1.	1,5.	2.	2,5.	3.	4.
27″......	(1,90)	1,68	1,40	1,10	0,88	0,55	0,23	0	-0,32	-0,57	-0,80	-1,00	-1,37
94″......	(1,85)	1,72	1,44	1,12	0,90	0,54	0,24	0	-0,35	-0,61	-0,82	(-0,98)	-
33″......	(1,96)	1,76	1,46	1,06	0,79	0,46	0,19	0	-0,32	-0,57	-0,79	-0,98	-
35″......	(1,94)	1,75	1,46	1,06	0,82	0,50	0,21	0	-0,33	-0,60	-0,82	(-1,01)	-
75″......	(2,00)	1,81	1,46	1,06	0,82	0,51	0,23	0	-0,35	-0,62	(-0,84)	-	-
...yenne log $\mathcal{B}$..	(1,93)	$1,74_5$	$1,44_5$	1,08	0,84	0,51	0,22	0	$-0,33_5$	$-0,59_5$	$-0,81_5$	$-0,99_5$	(-1,37)
ε...........	(4,4)	3,5	1,9	2,4	3,8	2,6	1,4	-	1,3	1,9	1,5	1,3	-
...($O - C_1$)....	(3)	+3	+2	0	-0,5	-1	-2,5	-	+1	+2	+1,5	+3	(-2,5)
...dèle ($r_e = 47$).	1,84	1,69	1,41	1,04	0,77	0,49	0,22	0	-0,33	-0,61	-0,84	-1,06	(-1,40)

On constate que, d'une part, l'écart moyen ε des valeurs observées de log $\mathcal{B}$ par rapport à leurs moyennes ne dépasse pas $\pm 0,04$ et s'élève à $\pm 0,024$ seulement en moyenne, et que, d'autre part, l'écart $O - C_1$ par rapport à la formule (1), ne dépassant nulle part $\pm 0,03$, s'élève à $\pm 0,018$ seulement en moyenne, alors que α varie dans un rapport supérieur à 100 et la brillance dans un rapport de 2000 à 1.

3. Il paraît peu probable qu'une relation valable avec cette précision dans un domaine aussi étendu et ne contenant aucun paramètre d'ajustement individuel arbitraire (a_e est déterminé indépendamment de la formule) soit purement fortuite et dépourvue de signification physique.

Si sa validité s'avérait générale, une nébuleuse elliptique quelconque pourrait être simplement (et peut-être complètement) caractérisée par la donnée de ses trois paramètres effectifs : a_e, b_e et B_e.

Il en résulterait aussi que la densité stellaire dans les galaxies elliptiques décroît progressivement vers l'extérieur, éventuellement sans autre limite que celle imposée par l'existence des galaxies voisines, et par conséquent que la notion de dimensions *totales*, précédemment introduite ([2]), est dépourvue de signification physique, tout en restant techniquement utile ([5]).

4. La distribution de la luminosité dans les nébuleuses elliptiques a déjà été comparée par Hubble ([1]) à celle de la densité superficielle dans l'image, vue en projection, d'une sphère gazeuse, de rayon limité, en équilibre gravifique isotherme.

L'accord avec les observations est nettement amélioré si l'on tient compte de la dispersion des masses, et par suite des luminosités $\mathcal{L} \sim \mathfrak{M}^{3,5}$ (relation masse-luminosité), des étoiles composantes. C'est ce que montre la dernière ligne du tableau, donnant les valeurs C_2, calculées à l'aide des données de Hubble ([1]), relatives à un modèle schématique vraisemblable de nébuleuse globulaire, composée d'un mélange, dans les proportions respectives de 90 %, 9 %, 1 % et 0,01 % de quatre populations d'étoiles de masses relatives 1/4, 1/2, 1 et 2, formant quatre sphères partielles en équilibre gravifique isotherme de rayons limites $4R_1$, $2R_1$, $R_1 = 100$ et $1/2\,R_1$ (équipartition de l'énergie). Ce modèle nébulaire qui conduit à attribuer aux galaxies elliptiques une viscosité

interne élevée, conformément aux idées de Zwicky ([7]), et suggère une explication simple de l'excès de couleur vrai des nébuleuses proches ([8]), pourrait être contrôlé par une analyse colorimétrique précise des nébuleuses.

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination des magnitudes photographiques globales des nébuleuses par la méthode de Ch. Fabry.* Note (*) de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. André Danjon.

La méthode de photométrie photographique de Ch. Fabry ([1]) permet de comparer correctement les éclairements produits par une étoile et par un objet céleste de diamètre apparent sensible. Je l'ai expérimentée à l'Observatoire de Lyon avec la lunette Brunner ($O = 16^{cm}$; $F = 233^{cm}$) et à l'Observatoire de Haute-Provence avec le télescope de 129^{cm} d'ouverture, en déterminant un certain nombre de magnitudes globales de nébuleuses extragalactiques.

Afin de limiter les temps de pose à quelques minutes, le petit objectif destiné à projeter sur la plaque photographique l'image du grand objectif de la lunette, doit avoir une très grande ouverture relative. De plus une ouverture linéaire de 20^{mm} environ est nécessaire pour admettre sans diaphragmation, au foyer de la lunette Brunner, les images de certaines grandes nébuleuses pouvant atteindre 30′ de diamètre apparent. Pour satisfaire à ces deux conditions, j'ai choisi un condenseur de microscope achromatique et aplanétique de 23^{mm} de diamètre et d'ouverture relative $f/0,33$. A l'usage cet objectif s'est montré très satisfaisant : il donne sur le ciel nocturne une plage de densité bien mesurable en 30 secondes de pose. On fait sur une même plaque des poses de même durée : sur la nébuleuse, sur quelques régions du ciel nocturne au voisinage immédiat de celle-ci et sur une ou deux étoiles de la séquence polaire. La courbe de noircissement est construite au moyen d'une pose auxiliaire avec un sensitomètre à tubes.

Des diaphragmes circulaires permettent de réduire le champ au diamètre juste suffisant pour admettre la totalité de la lumière de la nébuleuse dans le condenseur; sans cette précaution la méthode perdrait toute sensibilité par suite de l'énorme correction due au ciel nocturne. 28 nébuleuses de magnitudes 7,66 à 11,93 ont été mesurées, en général plusieurs fois chacune.

([7]) *Astroph. Journal*, 86, 1937, p. 217.

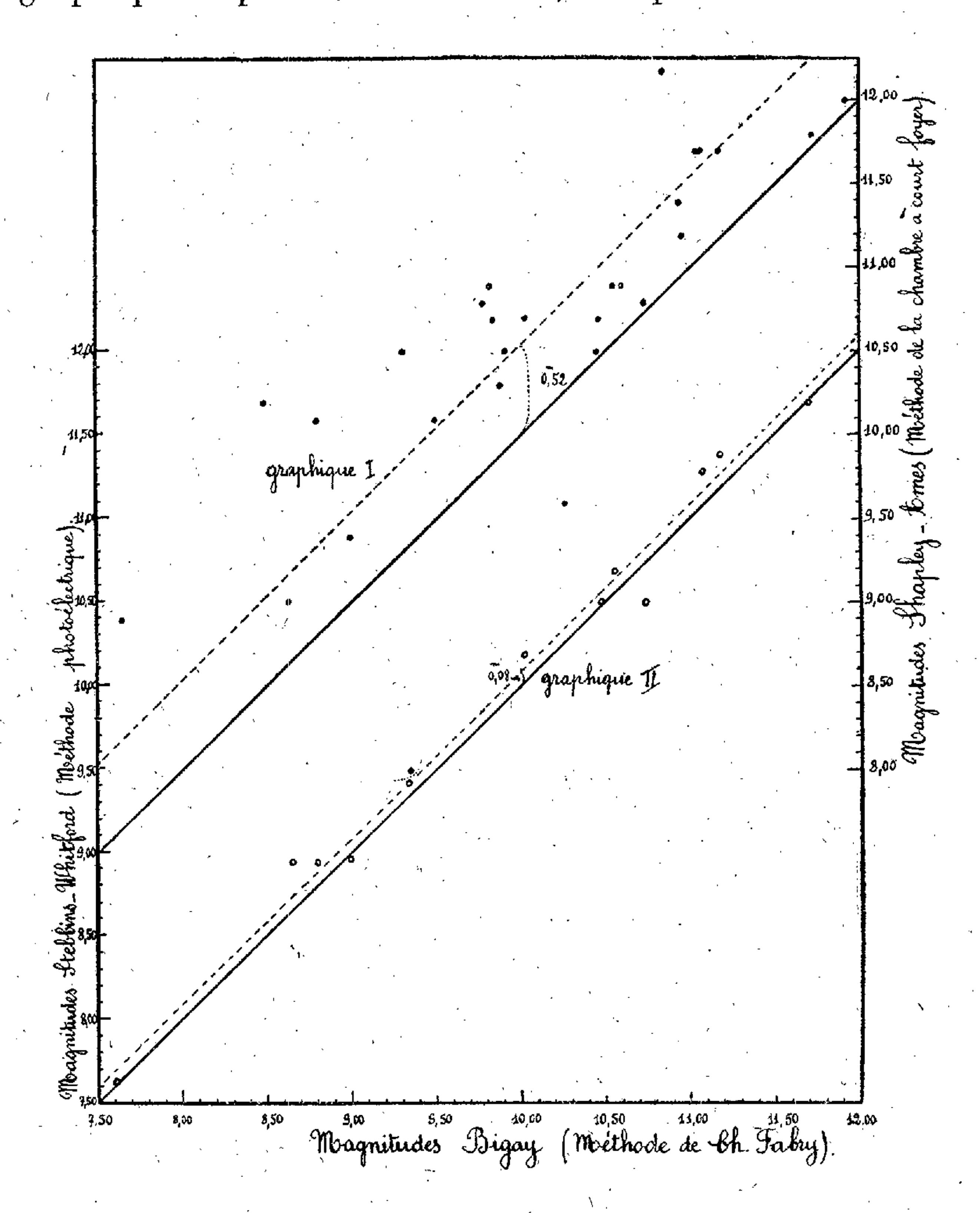
([8]) Le type spectral est relatif à la région nucléaire brillante, l'indice de couleur est relatif à une région plus étendue correspondant à une masse moyenne plus faible, c'est-à-dire à un indice de couleur plus élevé; dans le modèle précédent l'excès de couleur calculé entre $r = a_e$ et $r = 0$ est voisin de $+0,25$ mag., en accord avec la valeur observée (Hubble, *The Realm of the Nebulæ*, p. 52).

(*) Séance du 6 septembre 1948.

([1]) *Annales d'Astrophysique*, 6, 1943, p. 65.

L'accord entre les mesures indépendantes est dans l'ensemble très satisfaisant : écarts moyens internes toujours inférieurs à 0,12 magnitude et pour 6 nébuleuses $\leqq 0,03$ (moyenne générale $\pm 0^m,05$).

Sur les graphiques représentés ci-dessous, on a porté en abscisses les magnitudes déterminées par la méthode Fabry et en ordonnées : 1° celles du catalogue Shapley-Ames ([2]) (méthode de la chambre à court foyer); 2° celles de Stebbins et Whitford ([3]) (méthode photoélectrique).



Dans le premier cas, la dispersion des points est considérable : 9 écarts sur 28 dépassent une magnitude ($1^m,7$ pour NGC 2403) et à part deux exceptions, les magnitudes Shapley-Ames sont toujours plus grandes que les miennes :

$$m_H - m_B = 0,52.$$

(2) *Harvard Annals*, 88, 1932, p. 43.

(3) *Astrophysical Journal*, 83, 1936, p. 424 et 86, 1937, p. 247.

Cette différence systématique est probablement due au fait que dans les très petites images formées par la chambre à court foyer, les bords des nébuleuses sont perdus, tandis que le photomètre Fabry intègre rigoureusement toute l'intensité lumineuse.

On peut faire les mêmes remarques au sujet des magnitudes obtenues par Reiz ([4]) par une méthode analogue (le graphique n'est pas représenté) : la dispersion est encore plus grande ($2^m,50$ pour NGC 5055); écart systématique moyen $m_R - m_B = 0,47$.

Entre les magnitudes que j'ai déterminées et celles de Stebbins-Whitford, les écarts sont beaucoup plus petits ($0^m,16$ en moyenne, le plus grand écart est de $0^m,29$ et 6 écarts sur 12 sont inférieurs à $0^m,10$; la différence $m_{SW} - m_B$ n'est que de 0,08 magnitude.

La méthode photoélectrique et la méthode de Fabry donnent des résultats très concordants, et il semble bien que ce soient là les deux seuls moyens vraiment corrects pour comparer les éclairements des nébuleuses et des étoiles. Dans les deux cas la précision est bien souvent limitée par la correction due à la brillance du ciel nocturne.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la géométrie physique et l'expérience géométrique*. Note (*) de Mlle **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Au lycée, par une éducation de type expérimental d'abord (dessin), puis par schématisation et abstraction, on est conduit à considérer la géométrie euclidienne (étudiée ensuite de manière purement rationnelle fondée sur l'évidence) comme parfaitement adéquate à l'expérience géométrique. Or on sait que cette adéquation cesse d'avoir lieu quand on doit tenir compte des exigences relativistes.

Une expérience ne fixe un espace que par la condition que ses propriétés doivent respecter l'organisation du quasi-espace défini par les expériences géométriques et leur précision, le terme *respecter* étant pris au sens défini dans une Note antérieure ([1]).

Il est certain que les perceptions sensibles et les expériences purement géométriques à l'approximation à laquelle on peut les faire sont en accord avec la géométrie euclidienne. Mais aucune expérience purement géométrique concernant de longues distances n'est réalisable effectivement; on doit utiliser les procédés de la géodésie faisant intervenir des visées optiques, et supposant

---

([4]) *Annals of the Observatory of Lund*, 9, 1941, p. 1.

(*) Séance du 9 août 1948.

([1]) Mlle Florence Aeschlimann, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 179.

par là la validité des lois de l'optique géométrique. Ensuite on extrapole cette méthode en imaginant des observateurs très éloignés qui échangent des signaux optiques et en assimilant certains systèmes physiques à des observateurs. Mais on doit tenir compte de la propagation à vitesse finie des signaux et par suite une convention doit être fixée pour la simultanéité d'événements à distance, d'où la relativité de la simultanéité à chaque observateur.

Dans ces conditions, chaque observateur va construire un espace qui est pratiquement euclidien en son voisinage et qu'il prolonge compte tenu des échanges de signaux. On établit aisément ce résultat : *les conditions dérivant d'expériences purement géométriques et d'échanges de signaux (avec une convention pour les simultanéités à distance) sont insuffisantes pour déterminer complètement l'espace construit par un observateur en vue de représenter ses résultats expérimentaux,* c'est-à-dire en vue de constituer son tableau du monde. Notamment la métrique n'est pas complètement fixée. L'image intuitive qu'on pourrait se faire d'un tel espace serait constituée par la région comprise entre deux sphères euclidiennes concentriques, le centre figurant l'observateur, les rayons de ces sphères étant prolongés par des arcs de courbes de Jordan, demeurant sans points communs pour des rayons distincts, des rayons voisins étant prolongés par des courbes de Jordan demeurant voisines. Au delà de la distance des mesures effectives (correspondant à des nébuleuses lointaines observables effectivement) le prolongement spatial précédent cesse d'être possible. Au delà de cette distance à l'observateur placé au centre de sa représentation, seules des conditions physiques dépassant les propriétés des échanges de signaux peuvent venir fixer la structure de l'espace physique.

2. Chaque observateur peut constituer un espace-temps par produit direct de l'espace ainsi constitué et de la droite temporelle (au moins prise sur un certain intervalle de temps). Du résultat énoncé ci-dessus il résulte que : *des conditions dérivant d'expériences purement géométriques et d'échanges de signaux ne permettent pas de fixer complètement l'espace-temps ainsi construit par un observateur (en particulier sa métrique), ni d'identifier ou même de lier par une transformation ponctuelle les espaces-temps construits par différents observateurs.* Des hypothèses proprement physiques sur la dynamique et les lois de champs peuvent seules en assurer l'identification (comme en relativité restreinte ou en relativité généralisée d'Einstein). Ce ne sont que des conditions liées aux théories de champs qui peuvent conduire à un espace-temps objectif et universel. Dans le cas général les espaces-temps construits par deux observateurs sont liés par une transformation de contact.

3. A l'échelle microscopique des expériences géométriques ne sont pas possibles. Mais toutes les mesures en microphysique se font en utilisant des appareils à l'échelle humaine, qui se décrivent tous dans un espace euclidien. Ceci a pour conséquence que des considérations géométriques vont subsister en microphysique. L'espace euclidien sert alors de cadre

de représentation (cadre descriptif des résultats de mesures de type spatial d'un observateur). Le problème se pose alors de fixer jusqu'à quel point une telle représentation est légitime, notamment si l'on tient compte de l'existence d'une longueur minimum liée aux lois d'interaction de la matière et du rayonnement.

Par l'intervention d'observateurs, avec échanges de signaux se propageant à vitesse finie, la notion d'espace, d'objective et universelle qu'elle était en physique classique devient relative à chaque observateur et subjective en ce sens que chaque observateur construit son espace en tenant compte de ses propres informations et cette construction diffère de celle faite par un autre. L'espace a ainsi cessé d'apparaître comme une réalité pour n'être qu'un cadre de représentation de la réalité. La structure de l'espace, ou de l'espace-temps, construit par un observateur n'est fixée que par des lois physiques, mais ces conditions pour être exprimées présupposent un espace-temps. Il y a donc un retour dialectique venant fixer cette structure : pour être formulées les lois physiques présupposent un espace-temps et ce sont elles qui le déterminent.

SOLUTIONS. — *Cryoscopie dans le mélange eutectique glace-urée.* Note (*) de MM. **Antoine-Pierre Rollet** et **Robert Cohen-Adad**, transmise par M. Louis Hackspill.

L'étude cryoscopique des électrolytes forts dans l'eau conduit à la constatation suivante : la valeur de l'abaissement moléculaire s'éloigne d'abord très vite de la valeur à l'origine quand la concentration de l'électrolyte augmente. La courbure observée diminue aux concentrations plus fortes. Le fait est interprété par la décroissance, rapide au début, du coefficient d'activité, quand croît la concentration.

En utilisant comme solvant cryoscopique une solution renfermant déjà beaucoup d'ions, on constate que la variation de l'abaissement moléculaire avec la concentration de l'électrolyte étudié est petite et approximativement linéaire, à l'exception de certains cas comme l'apparition de complexes. C'est ce qui est observé dans la cryoscopie des électrolytes avec pour solvant un sel hydraté, par exemple $Cl_2Ca.6\,H_2O$ [Darmois et ses élèves (1)] ou un eutectique glace-sel [H. J. Muller (2)]. La force ionique du milieu est alors peu affectée par les additions en petites quantités de l'électrolyte et les coefficients d'activité varient faiblement.

Nous avons étudié la cryoscopie de quelques sels dans le mélange eutectique glace-urée. Les coordonnées de ce point d'eutexie sont : —11°,6 et 32,6 % en

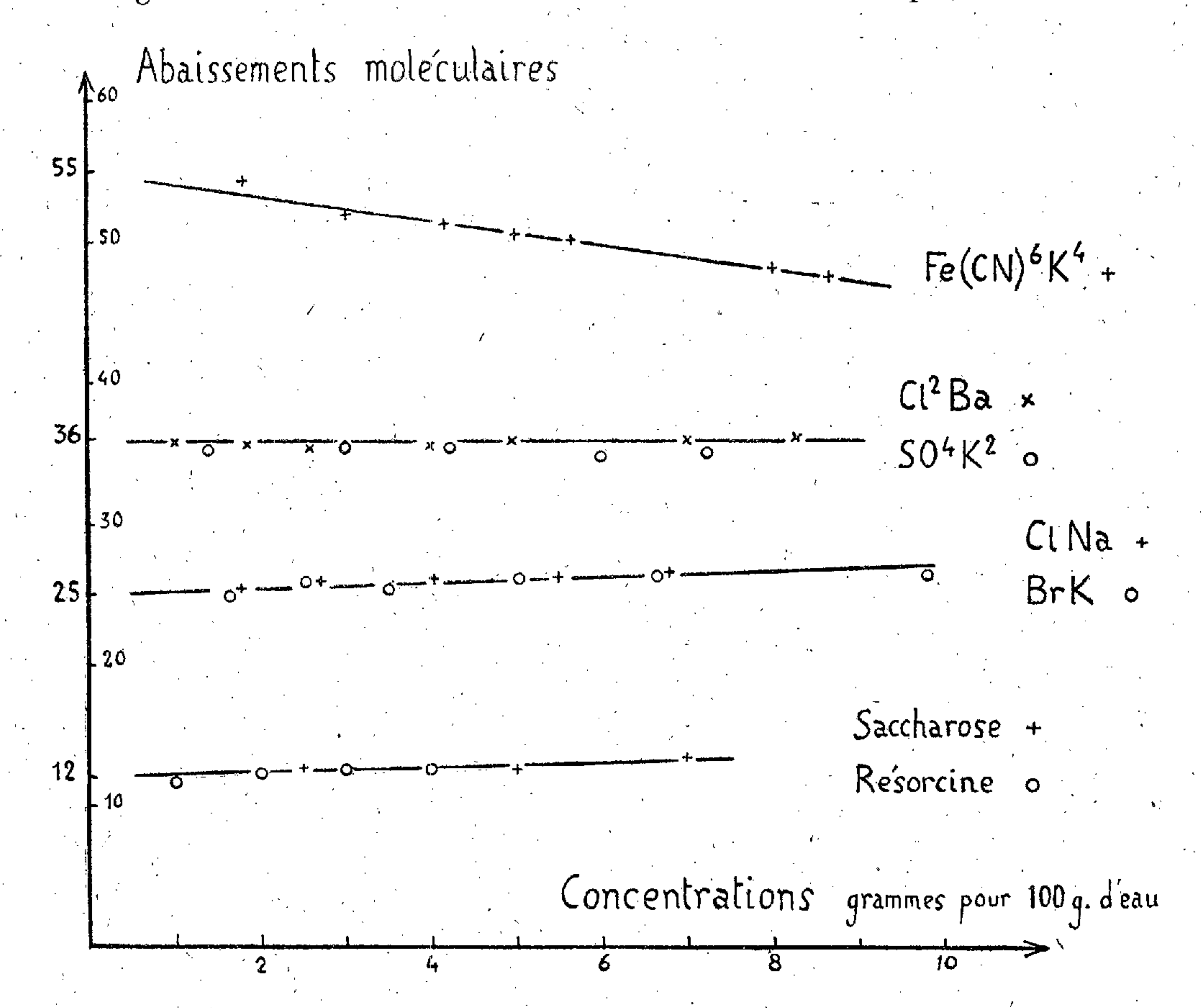
(*) Séance du 9 août 1948.

(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1053 et 195, 1932, p. 786.

(2) *Ann. Chim.*, 8, 1937, p. 143.

poids d'urée [Jänecke (³) indique —11°,5 et 32,5 %]. L'urée se dépose anhydre.

La figure donne les résultats obtenus. En abscisses sont portées les concentrations pondérales des sels étudiés rapportées à 100g d'eau du mélange; en ordonnées les abaissements moléculaires observés. Avec un non-électrolyte ou un électrolyte faible (saccharose, résorcine) l'abaissement à l'origine est 12. Le chlorure de sodium et le bromure de potassium donnent des droites légèrement montantes à partir de l'origine. L'abaissement moléculaire est voisin de 25 (approximativement 2.12). Avec le sulfate de potassium et le chlorure de baryum on obtient des droites horizontales. Pour ces deux sels donnant 3 ions l'abaissement est 36 (3.12). Le ferrocyanure de potassium conduit à un abaissement à l'origine de 55; ce chiffre est inférieur à 5 fois 12; une légère courbure est possible aux faibles concentrations, elle relèverait la valeur à l'origine, mais la précision des mesures (1/100 de degré) devient alors insuffisante.



(³) *Z. Elektrochem.*, 36, 1930, p. 649.

La technique opératoire adoptée dans ces mesures consiste en l'étude des courbes de réchauffement obtenues dans des conditions aussi voisines que possible.

L'examen de la figure montre que les résultats s'apparentent étroitement à ceux que donne un solvant de force ionique importante. L'urée est un électrolyte trop faible ($K = 10^{-14}$) pour introduire une force ionique appréciable. Celle-ci au cours des mesures est due presque uniquement au sel étudié et varie avec sa concentration.

La solution concentrée d'urée dans l'eau est un dissolvant d'un comportement différent de celui de l'eau pure, et analogue à celui d'un milieu de force ionique importante.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode pratique de polissage électrolytique des aciers et du chrome en vue de l'examen micrographique.* Note (*) de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le polissage anodique du fer et des aciers dans un milieu anhydre formé d'acide perchlorique et d'anhydride acétique, selon la formule que P. Rocquet(¹) et moi avons proposée en 1939, exige quelques précautions et il est limité à la préparation de quelques éléments de surface (²). C'est pourquoi j'ai cherché à modifier la composition des bains, de manière à rendre leur préparation plus rapide et exempte de tout risque. La solution consiste, non seulement à remplacer l'anhydride acétique par de l'acide, mais, au rebours de ceux qui ont préconisé cette substitution (³), à n'introduire dans la liqueur que de petites quantités d'acide perchlorique.

Un mélange ainsi constitué a donné entière satisfaction pour le polissage micrographique d'une grande variété d'aciers (acier doux, aciers au carbone hypo et hypereutectoïdes, austénitiques, inoxydables, etc.), quelles que soient la forme et les dimensions du spécimen. L'une des compositions les plus favorables comprend 1000^{cm^3} d'acide acétique pur cristallisable et 50^{cm^3} d'acide perchlorique à 60-65 % de densité 1,59 à 1,61. Contrairement au bain original à l'anhydride acétique, le mélange des deux acides s'effectue instantanément sans aucun dégagement de chaleur et il est aussitôt prêt à servir. Ce nouvel électrolyte, peu coûteux, donne encore d'excellents résultats lorsque la teneur en fer dissous devient notable après usage prolongé. Enfin, il peut supporter sans danger une température relativement élevée.

(*) Séance du 30 août 1948.

(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1012.

(²) A. L. de Sy et Haemers, *Rev. Métallurgie*, 38, 1941, p. 122.

(³) L. von Hamós, *Jernkontorets Annaler*, 126, 1942, p. 568; L. A. Hauser, *Iron Age*, 153, 20 janvier 1944, p. 48; S. R. Prance, *Steel*, 116, 1945, p. 106; H. J. Merchant, *J. Iron Steel Inst.*, 155, 1947, p. 179.

L'étude systématique des conditions d'électrolyse, au moyen du tracé de la courbe caractéristique I = f (V), a révélé des différences appréciables par rapport à l'ancien bain anhydre. Le meilleur polissage est obtenu lorsque la densité de courant anodique est au minimum de 12 A/dm² et elle peut atteindre 30 A/dm² ([4]). La tension aux bornes correspondante est de 30 à 50 V pour des spécimens dont l'aire est comprise entre 1 et 15$^{cm^2}$, et avec une cathode plane de 50$^{cm^2}$ placée à quelques centimètres en face de la surface à polir. En pratique, le polissage est contrôlé par le simple réglage du voltage de la cellule. La mesure de la densité de courant devient alors inutile (sauf dans le cas où l'on désire connaître l'épaisseur de métal retirée), ce qui supprime l'évaluation préalable de la superficie de l'échantillon à traiter.

La valeur relativement élevée de la tension nécessaire, qui tient à la faible conductibilité électrique du mélange, peut être abaissée à 25-35 volts, soit en ajoutant de très petites quantités d'eau distillée (5 à 15 ‰), soit en remplaçant la cathode plane par une cathode circulaire entourant complètement l'anode. Après 2 à 3 minutes d'électrolyse, durée suffisante pour polir une surface préalablement dégrossie au papier potée 00, le spécimen est retiré, lavé rapidement et séché.

Tous les électrolytes contenant les ions acétique et perchlorique dissolvent chimiquement le fer en l'absence du courant. Ce phénomène est encore accentué par l'élévation de la température. Or l'anode s'échauffe durant le polissage et, pendant le temps qui s'écoule entre la coupure du courant et le



Structure d'un lingot d'acier à 0,22 % de carbone, révélée par polissage électrolytique suivi d'immersion dans l'acide fluorhydrique dilué. (G = 400.)

lavage, la couche visqueuse chaude, qui reste sur la surface, l'attaque avec formation fréquente de taches. La difficulté pratique d'éliminer presque instantanément la couche d'électrolyte entraîné, est surmontée en agitant le

---

([4]) Si la densité du courant est trop faible, une fraction non négligeable de la surface de l'anode est plus ou moins *gravée* et présente des figures d'attaque gênantes.

spécimen pendant quelques secondes, dès sa sortie du bain, dans une solution aqueuse diluée d'acide fluorhydrique. Cette méthode de lavage présente, en outre, l'intérêt de mettre en évidence, par des effets de coloration différentielle, les grains de ferrite et les structures bainitique, sorbitique et perlitique fines, ainsi que les traces de déformations plastique et de *veining* ([5]). La micrographie ci-jointe montre la structure d'un acier moulé (C 0,22; Mn 0,31; Si 0,13 %) révélée directement par polissage et lavage dans les conditions spécifiées.

Enfin, résultat important, la liqueur décrite permet le polissage anodique du chrome, non encore décrit dans la littérature, c'est-à-dire permet le contrôle pratique des revêtements électrolytiques de chrome sur acier.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des limons rouges superficiels du Maroc.* Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

Les limons rouges superficiels (hamris) sont généralement considérés comme une formation de ruissellement intense, et attribués de ce fait au dernier pluvial (Würmien). Or, tout porte à croire qu'au contraire, ils datent du dernier interpluvial. Je l'ai déjà annoncé antérieurement ([1]). Voici le faisceau d'arguments sur lesquels je m'appuie.

Les limons rouges superficiels sont la première formation continentale postérieure à l'époque de la croûte (= cycle tyrrhénien) ([2]). Ils recouvrent directement la croûte et ne sont pratiquement jamais encroûtés, sauf toutefois dans une étroite bande côtière et d'une façon sporadique et exceptionnelle. Il arrive cependant souvent qu'ils se remplissent de petites concrétions calcaires.

Peu épais en général (puissance maxima dans les dépressions 10^m), ces limons sont caractérisés par une très vaste répartition et sont connus à travers le Maroc tout entier. Cela implique un volume très élevé de produits de démantellement, ce qui caractérise d'ailleurs les climats rubéfiants d'accumulation.

Le limon rouge est avant tout une formation de comblement : il recouvre les plaines, remplit les dépressions et passe latéralement à la principale terrasse limoneuse des oueds : *la première terrasse non encroûtée.* Cette terrasse, ainsi que souvent les limons des plaines et des dépressions, débutent par une phase de sédimentation grossière : cailloutis ou lits de graviers rubéfiés. C'est donc, comme tous les limons, une formation de fin de cycle de sédimentation continentale. Or, on considère généralement que les cycles de sédimentation continentale sont décalés par rapport aux cycles marins : les phases d'accumulation continentale maxima se produisant pendant les transgressions.

([5]) A. Hulgren et B. Herrlander, *Metals Technology*, Déc. 1946.

([1]) G. Choubert et H. Bryssine, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 863.

([2]) G. Choubert, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1630.

En outre, les limons rouges recouvrent d'un manteau continu les reliefs, notamment le relief des dunes consolidées de la zone côtière. En plus du ruissellement, les actions éoliennes ont donc joué un rôle important au cours du transport et du dépôt de ces limons, ce qui indique un climat relativement sec d'un interpluvial. On peut d'ailleurs estimer qu'au cours d'un pluvial (glaciation) le ruissellement devait être tel que tous les produits de démantellement, et à fortiori les limons, étaient entraînés vers la mer (phase d'érosion concomitante de la régression).

D'autre part les limons rouges de surface ne contiennent que la faune steppique à *Elephas atlanticus* var. *maroccanus* et *Rhinoceros simus*, qui caractérise la majeure partie du Quaternaire marocain. Nulle part on n'y connaît encore les éléments de la faune forestière eurasiatique (Cerf, Ours, Sanglier) ni *Rh. Mercki* dont l'apparition marque le début du refroidissement wurmien [3]. De même on n'y connaît pas de Moustérien vrai : les industries des limons rouges sont, d'après A. Ruhlmann, le Micoquien et le Levalloisien moustéroïde [4] (jusqu'à présent attribué improprement au Moustérien). Excessivement fréquente dans les limons rouges superficiels, cette dernière industrie se rencontre plus rarement dans les terrasses limoneuses [gisements de l'Oued Bouchane (Doukkala) et l'Oued Bou Guerraf (Béni Amir Ouest)].

La faune eurasiatique accompagnée de *R. Mercki*, ainsi que le Moustérien vrai, ne sont connus que dans les stations sous grotte (Khifan bel Ghomari près de Taza, El Khenzira près de Mazagan, Dar es Soltane près de Rabat), notamment dans le niveau également rouge de la base de leur remplissage. C'est par ce niveau, qui ne doit pas être confondu avec les limons rouges superficiels, que commencerait le pluvial Wurmien. On est fondé à penser que c'est à cause du refroidissement du début de ce pluvial que les hommes qui jusque-là habitaient à l'air libre, se sont réfugiés dans les grottes.

Durant la période humide et froide du Wurm-Flandrien (Paléolithique supérieur, Mésolithique, Néolithique) les limons rouges ne se formaient plus. Pendant cette dernière phase se constituent les basses terrasses limoneuses faciles à confondre avec les précédentes, mais constituées d'un matériel non rubéfié.

On avait jusqu'ici tendance à considérer les limons rouges comme une formation régressive, puisque d'une façon générale, le long des côtes ils descendent sous le niveau de la mer. Cependant ils recouvrent la dernière plage soulevée dont l'altitude absolue la plus fréquente est de $+2$ à $+8^{m}$ [5]. L'ensemble de la plage et des limons qui la surmontent, donne des terrasses qui culminent à $+12-15^{m}$, dont on retrouve des restes depuis Agadir

---

(3) C. Arambourg, *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 46, 1938, p. 18.

(4) A. Ruhlmann, *Pub. Serv. Antiquités Maroc*, fasc. 7, 1945, p. 3-103.

(5) M. Gigout, *C. R. sommaire Soc. Géol. Fr*,. 1947, p. 53 et 71 ; 1948, p. 25.

jusqu'à l'embouchure du Bou-Regreg. Elles se raccordent avec les premières terrasses limoneuses des Oueds, signalées plus haut. On pourrait expliquer ces faits d'une part, par un très large développement des côtes envasées, en rapport avec les quantités extrêmement importantes de matériel limoneux amené par les oueds, d'autre part, par une régression précoce qui aurait commencé déjà pendant l'interpluvial, comme cela ressort des courbes climatiques et eustatiques publiées précédemment (interférence de la courbe climatique générale avec celle des glaciations) (6).

Quelle que soit la cause de ces phénomènes aberrants, il semble indiscutable que les limons rouges superficiels correspondent au dernier interpluvial et caractérisent ainsi le cycle climatique et eustatique qui s'intercale entre le Tyrrhénien et le Flandrien et qui n'est autre que le cycle Grimaldien-Normannien-ancien Monastirien.

GÉOLOGIE. — *Découverte de fossiles dans le Massif du Tazzeka (Maroc).* Note de M. **Philippe Morin**, présentée par M. Paul Fallot.

Le massif paléozoïque du Tazzeka au Sud-Ouest de Taza, n'a fait l'objet jusqu'ici d'aucune publication d'ensemble. Le Gothlandien y a été découvert au Souk el Khemis des Zerarda dans le Sud-Ouest du Massif par MM. W. van Leckwyck et H. Termier (1). Ces auteurs ont également trouvé au sud de Souk el Khemis des grauwackes finement micacées à végétaux.

D'autre part, M. L. Clariond (2) a recueilli une empreinte de plante du Culm, dans un petit affleurement de schistes noirs sur la piste entre Bab bou Idir et Bab Ferrij. Ce sont là, semble-t-il, les seuls points fossilifères connus de ce massif.

Au cours de plusieurs missions d'études géologiques et métallogéniques, j'ai découvert un certain nombre de gisements qui apportent sur la géologie de cette région quelques lumières nouvelles. Il s'agit de paquets de schistes en enclaves dans des microgranites et de schistes à plantes.

1. *Les enclaves fossilifères de Boujada.* — L'important massif de microgranite qui s'étend des environs de Bab bou Idir aux environs de la Maison forestière d'Aïn Khebbab renferme, çà et là, des enclaves qui se sont révélées localement fossilifères.

A la mine d'antimoine de Boujada, dans la partie centrale de ce massif, on rencontre plusieurs enclaves de schistes noirs ou gris noir, parfois de grès,

(6) G. Choubert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 511.

(1) *Comptes rendus sommaires Soc. Géol. Fr.*, 1938, p. 86-87,

(2) Van Leckwyck et Termier, *loc. cit.*

de dimensions diverses, allant de la taille du poing à plusieurs mètres cubes, qui m'ont fourni une faune abondante.

L'*enclave de la galerie moyenne du Chantier dit « Saint-Pierre »*, a été rencontrée au cours du percement d'une recoupe partant d'un travers-bancs de quelques mètres creusé en plein microgranite. Cette enclave de schistes noirs n'affleure pas en surface, et il est impossible d'en préciser la forme et les dimensions. Dès qu'elle a été atteinte par la recoupe, les travaux ont été interrompus. Ses dimensions dépassent toutefois plusieurs mètres, car elle occupe tout le front de taille. Les fossiles, pyriteux, ont été découverts au cours d'une course commune en compagnie de M. E. Raguin et de ses élèves, ainsi que de M. E. Fauvelet.

La faune, déterminée par M. et M[me] H. Termier, comporte :

Leptæna analoga Phill., très abondant; *Schizophoria resupinata* Martin. Des productidés mal conservés (*Eomarginefera* sp., *Dictyoclostus* sp.), *Spirifer* sp., *Schellwienella* cf. *crenistria* Phill., *Fenestrellina* sp., *Heterotrypa* sp., *Nucula* sp., *Athyris* cf., *Conularia* sp., tiges de Crinoïdes. L'âge de ces schistes serait donc viséen ou namurien.

L'*enclave du Chantier dit « de la Maison »* a été rencontrée au cours de recherches en tranchée, elle mesure environ 3[m] sur 1[m] et est formée de schistes gris noir. Les fossiles recueillis (ici, non pyriteux), sont *Schellwienella crenistria* Phill. Un *Productus* du groupe *Costatus-Pseudamussium*. Ces schistes représenteraient le Viséen supérieur.

Sur la crête de microgranite qui aboutit au Col de Boujada, un petit nodule de grès, en enclave dans le microgranite, a fourni des Bryozoaires, des Brachiopodes et des Encrines.

Ces curieuses enclaves n'ont pas encore fait l'objet d'une étude détaillée. On peut déjà souligner que la roche sédimentaire n'a subi aucun métamorphisme, ce qui a permis la conservation de ses organismes. L'observation de deux de ces enclaves, *complètement enrobées dans le microgranite*, permet, dès à présent, d'éliminer l'hypothèse d'un entraînement de ces schistes ou grès dans une fracture postérieure à la mise en place du massif de microgranite.

II. *Les schistes à plantes du jebel Tazzeka.* — Dans la partie Nord-Est du massif du Tazzeka affleurent largement des schistes paléozoïques très finement micacés, de couleur vert-olive clair. Malgré des recherches nombreuses, ces schistes ne m'ont fourni que de rares débris végétaux en très mauvais état de conservation.

Sur la piste muletière allant d'Ahel Zaouia à Jemaa el Kebir, vers le point 615,2/396 (feuille Taza 1-2 au 1/100000), j'ai recueilli un débris en très mauvais état que l'on peut rapporter au genre *Sphenophyllum*.

A quelques centaines de mètres à l'Est de la Mine de Dar Izid vers le point 615/391 (feuille Taza 1-2), j'ai trouvé de petits rameaux attribuables au genre

Walchia. Ce gisement, qui semble le plus intéressant, nécessitera une étude ultérieure.

Les schistes vert-olive constituent les terrains encaissants du massif de microgranite. Ils sont différents des schistes noirs à plantes cités plus haut, d'après M. L. Clariond, qui n'ont fourni que des empreintes de Lépidodendrées.

Conclusion. — Le massif paléozoïque du Tazzeka, jusqu'ici pratiquement inconnu, comporte outre le Gothlandien mentionné antérieurement, du Viséen-Namurien marin en enclaves dans des microgranites, du Culm à plantes, puis d'importantes extensions de schistes vert-olive que, malgré le mauvais état de leur flore, on pourra sans doute attribuer à un carbonifère élevé.

Le microgranite est postérieur aux schistes à plantes qu'il injecte, et silicifie à son contact, et antérieur aux couches rouges dites du *Permo-Trias* qui le recouvrent en transgression. Il est donc d'âge carbonifère supérieur ou permien. Lorsque de nouvelles investigations auront permis de préciser l'âge des schistes, la date de mise en place de cette roche pourra être fixée avec une précision complète.

PALÉOBOTANIQUE. — *Une analyse pollinique de tourbes du Marais de Lavours, à Béon (Ain)*. Note (*) de M. **René Peterschmitt**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le Marais de Lavours (Feuilles 1/80000e, 160 Nantua et 169 Chambéry) est une dépression jurassienne, voisine du Lac du Bourget, s'étalant sur la rive droite du Rhône, entre ce fleuve et son affluent le Séran, sur une vingtaine de kilomètres carrés, d'altitude 243 à 234^m, au pied de montagnes s'élevant vers 1000^m et même à 1534^m (Grand Colombier). Les agglomérations sont localisées principalement en bordure du marais : Béon, Culoz, Ceyzérieu, Flaxieu, Cressin-Rochefort, Lavours (Département de l'Ain).

Le marais, qui est une tourbière plate, a été sondé par les prospecteurs du Comité d'Organisation de l'Industrie des combustibles minéraux solides (section tourbe) qui y ont révélé des épaisseurs de tourbe de 7 à 9^m. Parmi les échantillons provenant de leurs récoltes et conservés au Laboratoire de Géologie et Paléontologie de Strasbourg, M. le Professeur G. Dubois a bien voulu me confier l'analyse pollinique de ceux qui proviennent du sondage dit de Béon, profond de 9^m. Je les ai tous étudiés comparativement par les deux méthodes classiques de l'attaque potassique et de la chloration-acétolyse. Les pourcentages obtenus par l'une et l'autre méthodes diffèrent d'ailleurs très peu.

(*) Séance du 23 août 1948.

Sur un lit vaseux repose une masse tourbeuse de caractère assez uniforme, brun foncé, dure à l'état sec, de type hypno-caricier. Les restes de *Carex* sont abondants à tous niveaux, ceux d'Hypnacées, d'*Eriophorum*, de *Phragmites* sont moins abondants et moins régulièrement distribués. Les restes et spores de Fougères, les pollens de Graminées sont rares; les spores de Sphaignes et pollens de Bruyères très rares (vers 1 à 3^m de profondeur).

Il y a quelques lits finement vaseux entre 0 et 3^m de profondeur et notamment au voisinage de la surface, où la vase se charge de restes de Gastéropodes d'eau douce. Mais je n'ai pas eu en mains d'échantillons de surface proprement dite.

Histoire forestière. — Elle est marquée au niveau le plus inférieur par le Pin dominant qui cède immédiatement, dès le niveau suivant, devant la Fagabiétaie presque exclusivement formée de Sapin. Celui-ci est alors prépondérant jusqu'au voisinage de la surface, tout en diminuant de pourcentage de manière presque continue.

Les autres espèces ne jouent tout au long de cette histoire qu'un rôle effacé, avec des pourcentages dépassant rarement 20. Le Hêtre croît légèrement de la base au sommet, même lorsque la Fagabiétaie diminue. Il y a lieu de mentionner le Pin qui demeure, l'Aulne, le Coudrier, la Chênaie mixte formée surtout de Chêne avec Tilleul et Orme rares, le Frêne et le Bouleau également rares. L'Épicéa apparaît dès la première poussée du Sapin, mais demeure constamment discret, ne dépassant que très exceptionnellement 10 %.

Conclusions et remarques générales. — Bien que fort épaisse, la masse de tourbe s'est formée pendant les seules phases climatiques flandriennes classiques dites subboréale et subatlantique. Tout au plus peut-on faire coïncider la défervescence du Pin, ici tardive, avec la fin de la période atlantique (qui précède la période subboréale), ce que confirmerait une relative abondance de Tilleul dans la Chênaie mixte mêlée à la Fagabiétaie au début de celle-ci. Dans l'ensemble cela reporte le commencement de la formation de la tourbe sondée à Béon, à 6 millénaires (an —4000), durant le Néolithique. La vitesse moyenne annuelle de tourbification est donc de 1^{mm},5. Cela implique aussi un relèvement relatif local, de l'ordre de 9^m, du niveau de la plaine alluviale voisine du Rhône, et peut-être du plan du lac du Bourget, depuis le courant du Néolithique jusqu'aux temps historiques.

Les détails de cette histoire forestière ressemblent beaucoup à ceux mentionnés en Jura plus septentrional ([1]) avec toutefois ici un plus faible développement de l'Épicéa. C'est aussi par un beaucoup moindre développement de cette espèce que se différencie surtout l'histoire forestière du Marais de Lavours de celle de la région de Chamonix ([2]).

A ces variétés d'histoire forestière montagnarde ([3]), s'opposent très nettement

---

([1]) F. Firtion, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 100-101.

([2]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, (N. S.), 6, 1940, p. 53-80.

celles de type plaine ([3]), des tourbières des plateaux lyonnais ([4]), bien que celles-ci ne soient éloignées que de 50 à 60^{km} à l'Ouest du Marais de Lavours, et qu'elles se situent à peu près aux mêmes latitudes et altitudes.

Ainsi est mise en évidence l'influence du cadre forestier avoisinant les tourbières polliniquement étudiées, dans la répartition des faciès paléo-silvatiques qu'elles révèlent.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure du noyau chez les Iris.* Note (*) de M. **Jean Séchet**, présentée par M. René Souèges.

Au cours de notre étude caryologique entreprise dans le genre *Iris* sous la direction de M. P. Dangeard, nous avons pu étudier en détail la structure nucléaire chez un certain nombre d'espèces. Jusqu'ici le type granulo-réticulé a été simplement mentionné dans les épidermes d'*Iris germanica* (1919 et 1930) ([1]) et dans ceux d'*Iris Pseudacorus* (1930) ([2]). Nos recherches portant sur huit espèces d'*Iris* rhizomateux nous ont fait observer, chez les noyaux de ces plantes, des détails structuraux intéressants.

Les noyaux épidermiques présentent couramment la structure granulo-réticulée typique, un peu moins régulière que chez l'Oignon ou le Blé; ils peuvent, observés vitalement dans le liquide de Ringer, apparaître, dans la majorité des cas, à peu près homogènes (*Iris ochroleuca*) ou évidemment granuleux (*Iris Pseudacorus*). Dans une même espèce, tel *Iris germanica*, qui est la plus démonstrative, les noyaux dans des conditions d'observation absolument identiques peuvent apparaître homogènes ou granuleux sans qu'on puisse attribuer cette variation à autre chose qu'à des modifications entraînées par le métabolisme intrinsèque.

Par action de l'eau acétique à 1 % suivant la méthode d'accentuation décrite par P. Dangeard ([3]), et, dans la totalité des cas, la structure granuleuse apparaît ou tout au moins s'affirme. Ces deux méthodes d'étude permettent d'observer un reticulum granuleux assez dense, à peu près identique chez les différentes espèces. Dans cet ensemble, se distinguent quelques séries de granulations disposées en chapelets plus ou moins contournés au sein du noyau. Les granulations qui constituent un ensemble moniliforme ont une réfringence

---

([3]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 634-636.

([4]) J. Gourc, *Études Rhodaniennes, Rev. Géogr. Rég.*, 12, 1936, p. 63-81; G. Mazenot et J. Gourc, *Ibid.*, 15, 1939, p. 145-160.

(*) Séance du 18 août 1948.

([1]) A. Guilliermond, *Rev. gén. Bot.*, 31, 1919, p. 372; 42, 1930, p. 129.

([2]) A. Eichhorn, *Rev. gén. Bot.*, 42, 1930, p. 449.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 766.

identique et différant sensiblement de celle que présente le reste des granulations environnantes. C'est ce qui permet de repérer les premières et d'affirmer leur présence. Leur disposition en « chapelets » montre qu'il doit exister une liaison matérielle entre les différentes granulations. Après fixation et coloration il est facile de constater que ce lien n'est pas une vue de l'esprit, les granulations apparaissent effectivement unies entre elles par un mince filament.

Quant au nucléole, presque toujours unique, il est nettement sphérique, à peine souligné par un très étroit espace, vide de granulations, qui s'accusera sous l'action de l'eau acétique. Le nucléole ne reste cependant pas isolé au milieu de cet ensemble granuleux; dès l'observation vitale on peut voir des chapelets de granulations orientés dans sa direction. La fixation suivie de coloration permet de mettre en évidence de façon certaine des connexions entre ce nucléole et l'extrémité de certains chapelets.

Tous ces faits se confirment quand on examine des tissus moins accessibles à l'observation vitale, mais par contre plus favorables à l'étude après fixation et coloration. Dans la région méristématique apicale des jeunes racines, il n'est pas rare de voir, fixées aux nucléoles, des granulations unies par de minces filaments aux autres granulations formant la masse nucléaire. A l'aide de la réaction nucléale de Feulgen qui colore électivement l'acide thymonucléique, constituant essentiel de la chromatine, on peut affirmer la nature chromatinienne non seulement de toutes ces granulations, mais aussi des filaments qui les unissent. En outre, dans le cas en cause, on écarte toute possibilité de confusion avec un micronucléole ou un corpuscule de nature nucléolaire. Ces faits s'affirment encore lorsqu'on adjoint à cette coloration de la chromatine, la coloration du nucléole par le vert-lumière. La confirmation est particulièrement nette dans le cas où le nucléole déplacé par le rasoir hors du noyau entraîne avec lui un chapelet de corpuscules chromatiniens dont une extrémité adhère à sa surface.

L'examen de la région subterminale des jeunes racines confirme ces données et permet une observation plus facile. Dans cette région où commence la différenciation cellulaire, les noyaux sont destinés à ne plus se diviser normalement, noyaux acinétiques de Malvesin-Fabre ([4]). Dans ces noyaux, la chromatine est peut-être moins abondante, mais elle est surtout rassemblée en masses plus étendues et en quelque sorte plus diffuses, ce qui donne au noyau une apparence moins chromatique. La structure peut toujours être rattachée au type granulo-réticulé mais elle présente des différences notables, la chromatine est répartie en plages irrégulières disposées le plus souvent à la périphérie avec des pointes se dirigeant vers le nucléole. Le reste de l'enchylème n'est pas optiquement vide mais occupé par de très fines granulations

---

([4]) *Thèse Doct. ès Sc.*, Bordeaux, 1945.

chromatiniennes. A des niveaux de plus en plus éloignés de la région méristématique, on peut observer des chromocentres composés unis en un réticulum, analogues à ceux qu'a décrits P. Dangeard chez l'*Arum Italicum* (5) et même de véritables chromocentres massifs chez l'*Iris Ochroleuca*.

Dans l'ensemble, on peut parler de la structure granulo-réticulée des noyaux d'*Iris* mais notre étude nous a permis de noter tous les intermédiaires entre la stucture granulo-réticulée typique et celle à chromocentres massifs. D'autre part, il apparaît que, pour une même espèce, la structure du noyau entre deux divisions est différente de celle des noyaux normalement appelés à ne plus se diviser. Cette dernière conclusion rejoint les constatations effectuées dans la famille des Aracées par G. Malvesin-Fabre (4). Il semble bien se confirmer que cette différence de structure correspond à une opposition dans le rôle métabolique.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Note sur la flore montagnarde de l'Ouest Africain.* Note de M. **Raymond Schnell**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les explorations de A. Chevalier ont, dès 1905, mis en évidence sur les massifs montagneux de l'Afrique Occidentale, l'existence d'un certain nombre d'espèces orophiles, dont plusieurs présentent une aire disjointe plus ou moins étendue. Des explorations ultérieures, effectuées par A. Aubréville, P. Chouard, H. Jacques-Félix, R. Portères, R. Heim, P. Jaeger et J. Adam, ont permis de nouvelles découvertes précisant la constitution de cette flore montagnarde.

Nous avons nous-même eu l'occasion de rencontrer sur les sommets de Haute-Guinée et de Côte d'Ivoire, plusieurs espèces intéressantes (dont quelques-unes, connues en Afrique orientale, au Caméroun, à Fernando-Po ou à Madagascar, sont nouvelles pour ces montagnes) : sur les monts Nimba : *Drymaria cordata* Willd., *Euphorbia depauperata* Hochst., *Thesium tenuissimum* Hook. f., *Cissus Lelyi* Hutch., *Mæsa nuda* Hutch., et Dalz., *Helichrysum globosum* Sch. Bib., *Acidanthera aequinoctialis* Baker, *Habenaria macrandra* Lindl., *Disa subæqualis* Summ., *Panicum pectinatum* Rendle, *Asplenium hypomelas* Kühn, *Cyathea Deckenii* Kühn, *Polypodium villosissimum* Hk., *P. oosorum* Baker, *Elaphoglossum sejunctum* Kühn, *Trichomanes Mannii* Hk., *Lycopodium Mildbrædii* Herb.; sur le massif de Fon : *Drypetes kamerunica* Pax et Hoffm., *Habenaria Jægeri* Summ., *Disa subæqualis* Summ., *Satyrium occultum* Rolfe, *Diplacorchis* sp., *Lycopodium Mildbrædii* Herb.; dans le massif des Dans : *Habenaria macrandra* Lindl.; sur les crêtes du Ziama : *Mæsa lanceolata* Forsk., *Olea Hochstetteri* A. Chev. (récolté en mai 1945 par M. J. Adam et par moi-même), *Lycopodium*

(5) P. Dangeard, *Le Botaniste*, 28, 1937, p. 291.

Mildbrædii Herb., *Elaphoglossum sejunctum* Kühn, *Polypodium duale* Maxon, *P. oosorum* Baker, *P. villosissimum* Hk. (¹).

Dans l'ensemble de l'étage supérieur (au-dessus de 1000^m), qui paraît avoir été à l'origine presque entièrement boisé et se caractérise par l'existence des forêts à *Parinari excelsa* décrites dès 1932 par A. Aubréville, les espèces récoltées peuvent se répartir en plusieurs groupes :

1° *Espèces des régions basses, indifférentes à l'altitude.*

2° *Espèces des régions basses à préférence montagnarde,* qui trouvent leur optimum au-dessus de 1000^m et y deviennent, de ce fait, abondantes (*Parinari excelsa*).

3° *Espèces montagnardes vicariantes d'espèces planitiaires.* — Quelques-unes sont endémiques. Elles peuvent se répartir en plusieurs groupes;

a. espèces forestières (*Uapaca togoensis, Drypetes kamerunica, Ochna membranacea, Eugenia coronata, Syzygium montanum, Begonia quadrialata*);

b. espèces de prairie (*Dissotis amplexicaule*);

c. espèces des lisières (*Dissotis Jacquesii*);

d. espèces rupicoles (*Osbeckia Porteresi*);

ces plantes se sont très vraisemblablement différenciées à partir de la flore planitiaire. Cette dernière étant, à l'origine, sous le climat actuel, une flore forestière équatoriale (antérieurement aux défrichements culturaux dont résultent les clairières de savane), il paraît vraisemblable que cette différenciation s'est effectuée en plusieurs phases, correspondant aux épisodes climatiques quaternaires, qui virent alterner le régime forestier équatorial et une végétation tropicale plus xérophile.

4° *Espèces montagnardes sans affinités directes avec la flore planitiaire voisine* (*Blæria, Olea, Helichrysum, ...*). — Dans l'ensemble, ce lot paraît appartenir à la flore orophile d'origine tertiaire; comme le remarque J. Lebrun (1947, 1, p. 147), des échanges ont pu se produire entre massifs voisins à la faveur des épisodes climatiques quaternaires; c'est ainsi que la présence, sur divers sommets de la dorsale Loma-Man, de l'*Habenaria Jægeri* Summ., proche parente de *H. splendens* Rendle du Kilimandjaro, de *H. præstans* Rendle du Ruwenzori et du Nyasaland et de *H. macrantha* Hochst. d'Abyssinie, nous paraît répondre à la notion d'*endémisme concentrique* définie par cet auteur. Par ailleurs, l'aire réduite d'espèces telles que *Habenaria Jægeri* ou *Blæria nimbana* plaide, si nous adoptons les vues de J. C. Willis, pour une origine récente de ces espèces.

5° *Espèces forestières à aire disjointe très vaste, débordant le continent africain.* — Tel est le cas de *Polypodium oosorum,* connu à Madagascar, et de *Polypodium duale,* s'étendant à l'Amérique tropicale. Il s'agit d'un lot floristique très

(¹) Mme Tardieu-Blot a bien voulu faire l'étude systématique de mes Ptéridophytes.

ancien, antérieur à la séparation de ces territoires. Ces espèces ne sont d'ailleurs pas toutes liées à l'habitat montagnard.

En définitive, la flore de l'étage équatorial montagnard (étage du *Parinari excelsa*), dans la dorsale Loma-Man, nous paraît tirer ses origines des souches suivantes :

1° *souche archæotropicale forestière, antérieure aux disjonctions africano-malgache et africano-brésilienne*, et non exclusivement montagnarde;

2° *souche orophile tertiaire*, à affinités subtempérées (*Olea, Blæria*, ...), et ayant achevé au Quaternaire sa différenciation actuelle;

3° *souche équatoriale et tropicale récente;*

4° *souche équatoriale et tropicale actuelle* (espèces indifférentes à l'altitude).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'huile de Crevette* (Penaeus foliaceus) *sur le Rat blanc carencé en vitamine* A. Note (*) de M. **René Grangaud** et Mlle **Renée Massonet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les huiles de Crustacés sont pratiquement dépourvues de vitamine A et pauvres en carotènes [Lederer (1)], de sorte que leur effet sur la croissance du Rat blanc carencé en vitamine A est très faible. L'huile de *Penaeus foliaceus* que nous avons étudiée ne constitue pas, à cet égard, une exception. Par contre, son action sur l'évolution des lésions de xérophtalmie s'est révélée inattendue.

Préparation de l'huile. — Les céphalo-thorax provenant de 1^{kg} de crevettes sont vidés de leur contenu que l'on broie avec du sulfate de sodium anhydre, puis la masse est épuisée par l'acétone (400^{cm^3}, puis trois fois 200^{cm^3}). Les liquides d'épuisement sont rassemblés dans une ampoule et additionnés d'eau (250^{cm^3}), puis d'éther de pétrole (300^{cm^3}). Après agitation et repos, la phase éthéro-pétrolique est séparée et distillée sous pression réduite en atmosphère d'azote. Le résidu est une huile fortement colorée en rouge. Le rendement est de l'ordre de 5^g d'huile.

Le produit obtenu a été administré à des rats albinos nourris depuis le sevrage à l'aide du régime dépourvu de facteurs vitaminiques A préconisé par A. Chevallier (2). 16 rats du même élevage, âgés de 75 à 90 jours, pesant de 60 à 70 grammes et présentant une stabilisation de poids remontant à 10 jours au moins en même temps qu'une xérophtalmie intense, ont été partagés en trois lots A, B, C. Chaque animal a reçu par jour en plus du régime de base : lot A (2 mâles, 3 femelles) : 90^{mg} d'huile; lot B (3 mâles, 2 femelles) : 45^{mg} d'huile; lot C (3 mâles, 3 femelles) : 22^{mg} d'huile. Parallèlement, trois lots D, E, F de témoins, présentant des signes de carence en tous points comparables à ceux des précédents, recevaient chaque jour :

(*) Séance du 30 août 1948.

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 20, 1938, p. 567.

(2) G. H. Roger et Léon Binet, *Traité de Physiologie normale et pathologique*, 22, (supp.), p. 237.

Lot D (2 mâles, 3 femelles) : régime de base + 15 U. I. de vitamine A; lot E (2 mâles, 2 femelles) : régime de base + 4 U. I. de vitamine A; lot F (3 mâles, 3 femelles) : régime de base sans adjonction de vitamine A.

Les cinq animaux du lot D ont repris rapidement une croissance normale, montrant ainsi que les lésions n'avaient pas atteint un stade d'irréversibilité. Ceux du lot E ont également recommencé à grossir, mais beaucoup plus péniblement et l'un d'eux a succombé au 99e jour, soit 24 jours après avoir reçu la première dose de vitamine. Enfin les six animaux du lot F sont morts avant le 100e jour, c'est-à-dire 15 à 25 jours après l'apparition des premiers signes de carence.

Parmi les animaux recevant de l'huile de Crevette, seuls ceux du lot A ont repris rapidement une croissance normale. Pour ceux du lot B, la reprise de poids a été beaucoup plus paresseuse et trois d'entre eux sont morts respectivement 22, 30 et 38 jours après la première administration d'huile. Deux animaux plus robustes ont atteint les poids de 127 et 138g et survécu au delà du 125e jour, mais en présentant des signes de misère physiologique, en particulier des phénomènes de paralysie du train postérieur. Quant à ceux du lot C, pour qui la reprise de poids a été pratiquement nulle, ils ont tous succombé en moins de 35 jours après l'apparition des premiers signes de carence.

Ces résultats n'ont rien de surprenant : selon toute vraisemblance, les traces de carotènes présentes dans l'huile de Crevette sont responsables de l'action enregistrée sur la croissance. Mais d'après cette action, on pouvait s'attendre à un effet inappréciable ou à peine sensible sur l'évolution des lésions de xérophtalmie des animaux des lots B et C. On sait, en effet, que la guérison de ces lésions est plus tardive que la reprise de poids, et qu'une dose quotidienne de 4γ de carotène, pourtant nettement supérieure à la *dose d'entretien* [M. Javillier et Mlle Émerique ([3])] et encore suffisante pour rétablir la croissance, *ne permet que tout juste la guérison de la xérophtalmie* [Mme L. Randoin et R. Netter ([4])]. Or, parmi les 16 rats recevant de l'huile de Crevette, seuls, ceux du lot A, ont pu trouver dans leur ration quotidienne des quantités de carotène voisines de 4γ. Pourtant, les 16 animaux sans exception ont guéri leur xérophtalmie, 14 d'entre eux en moins de 10 jours, deux, plus sévèrement atteints, en 15 jours. Une amélioration indéniable s'est toujours manifestée dans les quatre jours faisant suite à la première administration d'huile ([5]).

([3]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **13**, 1931, p. 771.

([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **15**, 1933, p. 706.

([5]) Nos résultats sont à rapprocher de ceux récemment publiés par P. Dubouloz, R. Merville et C. Chevalier (*Bull. Soc. Chim. biol.*, **30**, 1948, p. 112). Ces auteurs, administrant à des rats carencés en vitamine A un régime incapable à lui seul de rétablir la croissance, ont constaté que *les accidents oculaires, tout en restant caractéristiques, avaient nettement régressé.*

Dans le même temps, parmi les animaux témoins, seuls ceux du lot D (15 U. I. de vitamine A *pro die*) guérissaient leur xérophtalmie, la guérison étant cependant dans l'ensemble un peu moins rapide que pour les rats recevant de l'huile de Crevette. Quant aux animaux du lot E (4 U. I. de vitamine A *pro die*), leurs lésions étaient encore en pleine évolution et sans amélioration sensible trois semaines après la première administration de vitamine. Enfin, tous les rats du lot F sont morts en présentant des signes de xérophtalmie intense.

Il ressort de ces expériences qu'une huile extraite d'un Crustacé décapode, *Penaeus foliaceus*, pêché en Méditerranée, possède une action antixérophtalmique beaucoup plus accusée que son action sur la croissance du Rat blanc ne permettait de le prévoir. Les traces de carotènes présentes ne sauraient être rendues à elles seules responsables de cette action. Il est donc vraisemblable que, dans cette huile, existe un constituant autre que les carotènes et la vitamine A, jouant un rôle dans l'activité antixérophtalmique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de thyroxine par action de l'iode sur des peptides renfermant de la tyrosine.* Note de MM. **Jean Roche** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

La formation de traces de thyroxine par incubation de solutions faiblement alcalines de diiodotyrosine à 37° est un fait bien établi [1]. Par ailleurs, l'action de l'iode sur diverses protéines donne naissance en quantité plus ou moins abondante à de la thyroxine, laquelle demeure alors rattachée aux chaînes peptidiques. Cette réaction porte sur environ 10 pour 100 de la tyrosine de la caséine, mais son rendement est beaucoup plus faible sur d'autres protéines [2]. Aussi y avait-il lieu de rechercher comment se comportent à cet égard des dérivés de la tyrosine dans lesquels les groupements carboxyle ou amine de cette dernière participent à des liaisons peptidiques. Il était en effet possible que l'état de ces groupements modifiât la réactivité de la chaîne d'alanine qui les renferme et pût, à ce titre, favoriser ou gêner la condensation des restes de diiodotyrosine [3].

---

(1) P. von Mutzenbecher, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **261**, 1939, p. 253; P. Block, *Journ. of biol. Chem.*, **135**, 1940, p. 51; T. B. Johnson et L. B. Tewkesbury, *Proc. nat. Acad. Sc. Washington*, **28**, 1942, p. 73; A. E. Barkdoll et W. F. Ross, *J. amer. chem. Soc.*, **66**, 1944, p. 898; C. R. Harington et R. Pitt Rivers, *Biochem. Journ.*, **39**, 1945, p. 73.

(2) J. Roche, R. Michel et M. Lafon, *Biochim. et biophys. Acta*, **1**, 1947, p. 453; R. Michel et R. Pitt Rivers, *Ibid.*, **11**, 1948, p. 223.

(3) Le blocage du groupement aminé de la diiodotyrosine par un reste d'acétyle augmente le rendement en dérivé thyroxinien lors de l'incubation à 37° de la N-acétyldiiodotyrosine et de l'acide N-acétyldiiodotyrosylglutamique (R. Pitt Rivers, *Nature*, **161**, 1948, p. 308).

Nos recherches ont porté sur quatre peptides : les glycyl-*l*-tyrosine et *l*-leucyl-*l*-tyrosine, la *l*-tyrosylglycine et la glycyl-*l*-tyrosylglycine. Le groupement carboxyle de la tyrosine est libre dans les deux premiers, dont le groupement amine du reste-tyrosine est bloqué; $—NH_2$ participe seul à la liaison peptidique dans le troisième dérivé (reste-tyrosyl), —COOH et $—NH_2$ étant l'un et l'autre substitués dans le quatrième. L'étude de ces corps nous a paru devoir permettre de préciser si, et dans quelle mesure, la présence du groupement —COOH ou $—NH_2$ de la tyrosine exerce une influence sur la formation de la thyroxine, et si la nature du substituant (leucyl ou glycyl) est à cet égard importante.

Les quatre peptides en solution 0,02 M (pH 8,5) additionnée de 1,75 % de bicarbonate de sodium ont été soumis à l'action de l'iode métalloïdique en poudre (2 à 10 atomes d'iode par molécule de tyrosine) pendant 22 heures à 37° en tube scellé. La thyroxine a été dosée à la fin de chaque essai par la méthode de Roche et Michel ([4]), après extraction au sulfure de carbone à pH 2,0 et hydrolyse barytique du peptide (5 heures au bain de paraffine à 120°) ([5]). On trouvera dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus.

Formation de thyroxine par action de l'iode sur divers peptides de la tyrosine (22 heures à 37°, pH = 8 environ).

Iode mis en œuvre.		Milligrammes de thyroxine formés à partir de 0,2 millimolécule de			
Nombre d'atomes I par molécule de tyrosine.	mg I ajoutés dans l'essai.	glycyl-*l*-tyrosine.	*l*-leucyl-*l*-tyrosine.	*l*-tyrosyl-glycine.	glycyl-*l*-tyrosyl-glycine.
2	50,8	0	2,6	0	0
3	72,2	0	–	–	–
4	101,6	traces	8,8 (*)	0,5	traces
6	152,4	traces	1,4 (*)	traces	0
7	172,8	0	–	–	–
8	203,2	0	traces	traces	0
10	252,4	0	–	–	–

(*) Valeur moyenne de deux essais.

L'étude de la fixation de l'iode et celle de la formation de la monoiodotyrosine et de la diiodotyrosine dans ces peptides ont été poursuivies par des méthodes appropriées ([4]). De la monoiodotyrosine est présente en fin d'expérience si moins de quatre atomes de réactif ont été mis en œuvre par molécule de tyrosine. La diiodotyrosine se forme à ses dépens lorsque la quantité d'halogène employée est plus grande et, par ailleurs, le dérivé diiodé n'est,

---

([4]) J. Roche et Michel, *Biochim. et biophys.* (*Acta*, 1, 1947, p. 335).

([5]) L'hydrolyse barytique est indispensable pour libérer la thyroxine des combinaisons peptidiques auxquelles elle participe (probablement la leucylthyroxine et la thyroxylglycine).

comme la thyroxine, oxydé que par plus de quatre atomes d'iode. Il en découle que la dégradation des deux derniers acides aminés n'est pas susceptible de compliquer l'interprétation des résultats lors de l'emploi de quatre atomes d'halogène par molécule de peptide, quantité pour laquelle la formation de thyroxine est maxima.

Un seul des corps étudiés, la *l*-leucyl-*l*-tyrosine, donne naissance en quantité importante à de la thyroxine (combinée), le rendement moyen en celle-ci atteignant 26 %, en poids de la tyrosine. Aucune influence de l'état des groupements carboxyle et amine de cet acide aminé ne s'est manifestée au cours des essais. Par contre, la nature du substituant peptidique, probablement la longueur de sa chaîne carbonée, est très importante, puisque l'action de l'iode conduit à un rendement beaucoup plus élevé à partir de la *l*-leucyl-*l*-tyrosine que de la glycyl-*l*-tyrosine. Il découle de ces faits que l'aptitude des protéines à donner naissance à de la thyroxine sous l'action de l'iode doit être liée, d'une part à la nature des chaînes peptidiques auxquelles les restes de tyrosine sont fixés, et, d'autre part, à la position de ceux-ci dans les molécules protéiques; les radicaux -tyrosyl et -tyrosine se comportent sans doute identiquement.

Conclusions. — Le blocage du groupement carboxyle ou amine de la tyrosine dans divers peptides (glycyl-*l*-tyrosine, *l*-leucyl-*l*-tyrosine, *l*-tyrosylglycine, glycyl-*l*-tyrosylglycine) n'exerce pas d'influence notable sur l'aptitude de cet acide aminé à donner naissance à de la thyroxine sous l'action de l'iode. Par contre, la nature du substituant (longueur de la chaîne carbonée) paraît jouer à cet égard un rôle important, un rendement élevé en thyroxine combinée (26 %) étant obtenu à partir de la *l*-leucyl-*l*-tyrosine et non de la glycyl-*l*-tyrosine. Ces faits permettent de discuter le mécanisme de la formation de la thyroxine au cours de l'ioduration des protéines.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 SEPTEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'équilibre d'un solide dans un milieu élastique.* Note de M. **Henri Beghin**.

Dans une Communication récente [1], M. J. Ferrandon imagine un continu homogène, isotrope, élastique, au sein duquel se trouve un solide indéformable ($\mathcal{V}$). Le continu étant supposé dans son état naturel, on donne au solide ($\mathcal{V}$) un déplacement infiniment petit arbitraire, dont les composantes en chaque point sont les données U, V, W. Le long de la surface S du solide, on suppose un glissement sans cavitation. A l'infini, les déplacements du continu sont supposés nuls.

L'auteur établit que, dans ces conditions, le continu n'offre aucune résistance au déplacement du solide et en tire certaines conséquences concernant la Mécanique des sols. Le raisonnement suppose que les déplacements admettent un potentiel φ régulier, y compris à l'infini, assujetti le long de la surface S à la condition que $d\varphi/dn$ soit égal à la donnée $U\alpha + V\beta + W\gamma$, ce qui conduit à un problème extérieur de Neumann; un calcul facile établit l'équivalence à zéro des réactions exercées par le continu sur le solide.

Il est intéressant de remplacer ce calcul par des considérations purement mécaniques : l'application de la loi fondamentale de la Mécanique à la portion du continu comprise entre la surface S du solide et la surface Σ d'une sphère de grand rayon, R montre en effet que les réactions cherchées le long de S équivalent au système des contraintes qui s'exercent le long de Σ. En remarquant avec l'auteur que φ est, sur Σ, de l'ordre de $1/R^2$, on voit que les composantes des contraintes y sont de l'ordre de $1/R^4$; les coordonnées du système qu'elles forment sont les unes de l'ordre de $1/R^2$, les autres de l'ordre de $1/R$; elles sont donc nulles, puisqu'elles sont égales à des constantes, savoir les coordonnées du système cherché de réactions le long de S.

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2047.

A titre d'exemple, si le solide $(\mathcal{V})$ est une sphère de rayon $r=1$, que l'on déplace de la quantité a parallèlement à Ox, le potentiel φ a pour valeur $-ax/2r^3$, la réaction unitaire au point x, y, z de la surface S résulte d'une composante normale de valeur $-9\mu ax$ et d'une composante $3\mu a$ parallèle à Ox. En superposant à ces contraintes une pression hydrostatique supérieure ou égale à $6\mu a$, on ferait disparaître toute possibilité de cavitation.

Mais le problème, tel qu'il a été envisagé, ne présente guère plus qu'un intérêt analytique et il semblerait imprudent d'en tirer des conséquences concrètes. En effet, il n'y est fait aucune allusion à la nature des réactions le long de la surface S, réactions auxquelles on suppose, en somme, la valeur nécessaire pour entraîner l'existence d'un potentiel φ des déplacements, et ceci paraît bien arbitraire.

J'imagine un déplacement du solide $(\mathcal{V})$ de composantes U, V, W, entraînant dans le continu extérieur un déplacement (u, v, w). Je considère la suite continue d'états d'équilibre définis par les composantes ρu, ρv, ρw, ρU, ρV, ρW, où je fais varier ρ de 0 à 1. Le potentiel interne du milieu élastique, nul au départ $(\rho=0)$, où je suppose l'état naturel, est essentiellement positif en fin de déformation $(\rho=1)$, puisqu'il y a déformation. Ce potentiel est égal au travail des forces données $(\mathcal{F})$ appliquées au solide pour obtenir son déplacement, augmenté du travail des réactions mutuelles le long de la surface S. Si donc on suppose, comme dans le problème considéré, que les forces $(\mathcal{F})$ sont nulles, c'est que le travail des réactions le long de S est positif et non nul; c'est donc ce travail qui doit fournir l'énergie nécessaire pour mettre le milieu extérieur sous tension et cela n'est pas admissible.

Si les réactions sont supposées normales le long de S, leur travail est nul et c'est le travail des forces $(\mathcal{F})$ qui donne la valeur du potentiel interne; il est donc positif et non nul, et le système des forces $(\mathcal{F})$ n'équivaut pas à zéro.

S'il y a le long de S des phénomènes de frottement, quelle qu'en soit la loi physique, il est logique d'en supposer le travail négatif, de sorte que le travail des forces $(\mathcal{F})$ est *a fortiori* positif.

D'ailleurs, si l'on suppose, par exemple, des réactions normales, les conditions de frontière le long de S comprennent non seulement la condition supposée

$$u\alpha + v\beta + w\gamma = U\alpha + V\beta + W\gamma,$$

mais deux autres conditions que doivent remplir les dérivées partielles de u, v, w pour que les réactions soient normales. Ces conditions sont généralement incompatibles avec l'existence d'un potentiel φ, comme le montre le problème particulier cité précédemment.

Ce qui précède met en évidence la différence essentielle qui existe entre le déplacement d'un solide dans un milieu élastique et le déplacement d'un solide dans un fluide (paradoxe de d'Alembert).

IMMUNOLOGIE. — *De l'immunité provoquée chez les animaux par un mélange d'anatoxine tétanique et de latex d'*Hevea Brasiliensis. *Conséquences théoriques et pratiques.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou** et **Jean-Pierre Thiery.**

Utilisant le latex d'*Hevea Brasiliensis* que, pour la première fois, H. Jacotot [1] avait adjoint, avec succès, à divers vaccins (contre la peste porcine, contre la pasteurellose des bœufs et des buffles etc.), conformément à notre méthode générale dite des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité [2], nous avons montré dans une Note précédente [3] que ce latex ajouté à l'anatoxine diphtérique est bien capable de stimuler l'immunité que celle-ci entraîne chez l'animal d'expériences (cobaye).

Dans de nouvelles recherches effectuées, cette fois, chez des animaux de l'espèce bovine, nous avons étudié comparativement l'immunité provoquée, d'une part, par l'anatoxine tétanique et, d'autre part, par la même anatoxine additionnée de latex d'*Hevea Brasiliensis*.

Nos essais ont porté sur huit vaches de race bretonne âgées de 18 mois à 2 ans, chez lesquelles la présence ou l'absence de l'immunité antitétanique naturellement acquise avait été préalablement recherchée. Seule l'une d'entre ces vaches (nº **774**), recélait dans son sérum un taux d'antitoxine tétanique d'origine naturelle assez élevé d'ailleurs, puisqu'il était compris entre 1/10 et 1/3 d'unité; aucune des autres ne possédait d'antitoxine décelable par nos moyens (—1/300 d'unité).

Trois de ces animaux (les nºs **731, 763, 768**) reçurent, par voie sous-cutanée, au niveau de l'encolure, une injection unique de 15$^{cm^3}$ d'une anatoxine tétanique de notre préparation, conservée durant sept années, alternativement à la chambre froide (— 4°) et à la température du laboratoire (variant entre 15° et 22°). Titrée au moment de l'expérience, cette anatoxine avait la même valeur antigène intrinsèque qu'au moment de son obtention, soit 45 unités de floculation par centimètre cube.

Les cinq autres vaches reçurent chacune, dans des conditions identiques, 15$^{cm^3}$ de la même anatoxine additionnée de 5 % de latex d'Hevea, stérilisé auparavant (stérilisation opérée à l'autoclave).

Les vaches ayant reçu l'anatoxine tétanique seule, ne présentèrent aucune réaction au point d'injection de l'antigène. Deux (nºs **770** et **774**) de celles qui ont été soumises à l'injection d'anatoxine additionnée de 5 % de latex d'Hevea firent, dans les jours suivants, un œdème inflammatoire de la largeur et de l'épaisseur de la main, lequel se résorba

(*) Séance du 13 septembre 1948.

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1390, et *Revue d'Immunologie*, **2**, 1947, p. 113. Dans ce dernier mémoire, Jacotot insiste longuement sur l'importance en Immunologie théorique et appliquée, du principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité.

[2] G. Ramon, *Bull. Soc. Cent. Méd. Vét.*, **101**, 1925, p. 227 et 358; *Comptes rendus*, **181**, 1915, p. 157; *Annales Institut Pasteur*, **40**, 1926, p. 1. Voir également *Revue d'Immunologie*, **3**, 1937, p. 193, 202, 285, 389, 505; *ibid.*, **4**, 1938, p. 1.

[3] G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 30.

progressivement sans laisser de trace. Chez les trois autres du même lot, aucune réaction apparente ne fut notée.

Tous les animaux furent saignés 35 jours après l'injection vaccinale et l'antitoxine tétanique fut recherchée et dosée dans le sérum de chacun d'eux, selon le procédé habituel, chez le Cobaye.

Nous donnons en un tableau, l'ensemble des résultats obtenus :

Nos des animaux.	Antigène injecté.	Titre (en unités antitoxiques internationales) Avant l'injection d'anatoxine.	35 jours après l'injection d'anatoxine.
731......	anatoxine seule	—1/300	1/10
763......	»	—1/300	+1/100—1/10
768......	»	—1/300	—1/300
732......	anatoxine+latex	—1/300	+1/100—1/10
770......	»	—1/300	+3—10
771......	»	—1/300	+1/10—1/3
772......	»	—1/300	1/10
774......	»	+1/10—1/3	+3—10

De la lecture de ce Tableau, il ressort que même si l'on met à part le cas de l'animal n° 774 en raison de son immunité naturelle initiale, le taux de l'antitoxine spécifique chez les animaux qui ont reçu l'anatoxine tétanique additionnée de latex est nettement supérieur à celui enregistré chez les animaux soumis à l'injection d'anatoxine tétanique seule. A la suite de ces essais et des expériences effectuées précédemment avec l'anatoxine diphtérique, le latex d'*Hevea Brasiliensis* apparaît donc bien comme un adjuvant et un stimulant de l'immunité antitoxique provoquée par les anatoxines ([4]).

Des constatations faites au cours de ces essais et des résultats acquis on peut tirer différentes conséquences d'ordre théorique et pratique.

Tout d'abord, la *stabilité* de l'anatoxine tétanique et de ses propriétés (comme celle des autres anatoxines) que nous avons démontrée il y a longtemps ([5]), se trouve à nouveau confirmée puisque sept années après sa préparation, l'échantillon d'anatoxine tétanique utilisé a conservé, on peut dire intégralement, sa valeur antigène intrinsèque et son activité immunisante. Cette stabilité, dans le temps, de l'anatoxine tétanique et des anatoxines en

([4]) Des essais du même genre sont actuellement en cours chez le Cheval. Nous poursuivons par ailleurs d'autres expériences en substituant au latex, diverses substances telles que le lait.

([5]) G. Ramon, *Annales Inst. Pasteur*, 42, 1928, p. 959; *Ibid.*, 46, 1931, p. 483; *Annales de Médecine*, 42, 1937, p. 314 et 358 etc.

général, contraste avec l'instabilité des vaccins pastoriens (virus-vaccins du charbon, du rouget) et des vaccins du même type dont l'efficacité n'excède pas quelques semaines. On peut affirmer aujourd'hui plus qu'hier encore que les anatoxines correspondent bien à ces « substances chimiques dosables et stables » que Pasteur recherchait et appelait de tous ses vœux à la fin de sa vie et dont il disait qu'elles représenteraient « un progrès de premier ordre et donneraient à la microbiologie les plus fécondes applications thérapeutiques ».

Il faut noter que, dans nos essais, une seule injection d'anatoxine a provoqué chez tous les animaux sauf un, l'apparition d'une immunité qui se révèle chez la majorité d'entre eux, relativement élevée, si l'on considère que chez d'autres espèces telles que l'espèce équine, l'immunité qui fait suite à une injection unique d'anatoxine (même si celle-ci est additionnée d'une substance adjuvante : tapioca, alun, etc.) est faible ou nulle. Cela tient sans doute à ce que les Bovidés, s'ils n'ont pas encore d'antitoxine tétanique naturellement acquise décelable dans leur sérum, sont cependant devenus possesseurs d'une aptitude spéciale à l'immunisation artificielle ([6]).

Nos essais mettent à nouveau en évidence le rôle de la réaction inflammatoire dans l'accroissement de l'immunité sous l'influence des substances stimulantes ajoutées à l'antigène, rôle que nous avons mis en évidence et longuement étudié jadis ([7]). Ce sont, en effet, les deux animaux qui ont présenté une zone inflammatoire importante au point d'injection du mélange d'anatoxine et de latex qui ont atteint, dans leur sérum, le taux d'antitoxine tétanique le plus élevé.

Du point de vue strictement pratique, il est à retenir que le latex d'*Hevea Brasiliensis* peut être employé comme stimulant de l'immunité dans la vaccination des animaux par l'anatoxine tétanique. A cet égard, il peut offrir des avantages appréciables sur certains autres adjuvants tel que le tapioca, en usage depuis une vingtaine d'années ([8]). Il est plus commode à manier et pour celui qui prépare le vaccin et pour celui qui utilise ce dernier; en particulier le mélange d'anatoxine tétanique et de latex constitue une sorte d'émulsion relativement stable alors que les grains de tapioca tombent rapidement au fond de l'ampoule et risquent d'autre part d'obstruer l'aiguille au moment de l'emploi.

Ainsi le procédé du latex semble dès maintenant représenter, pour la pratique courante, un perfectionnement notable de la technique de la vaccination des animaux domestiques contre le tétanos.

([6]) Voir à ce propos nos travaux sur l'immunité naturellement acquise. G. Ramon et Coll., *Revue d'Immunologie*, 1, 1935, p. 209, 401, 415, 2; 1936, p. 305, etc. Ces travaux font d'ailleurs l'objet d'un ouvrage actuellement en préparation.

([7]) G. Ramon, *Revue d'Immunologie*, 4, 1938, p. 5.

([8]) G. Ramon et P. Descombey, *Annales Institut Pasteur*, 41, 1927, p. 834.

M. GEORGES POIVILLIERS rend compte du Congrès International de Photogrammétrie où il a représenté l'Académie.

DÉSIGNATIONS.

M. PAUL FALLOT est adjoint à la délégation chargée de représenter l'Académie aux cérémonies du Centenaire de l'**ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES EXACTES, PHYSIQUES ET NATURELLES DE MADRID.**

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES SUBSTITUTIONS. — *Étude d'une nouvelle classe de permutations.* Note de M. **PAUL LÉVY**, présentée par M. Paul Montel.

Soit un jeu de n cartes, initialement rangées dans un certain ordre. On place la première (prise sur le dessus du jeu) sur la table, la suivante sous le jeu, la suivante sur la table, et ainsi de suite en alternant les deux gestes. Le passage de l'ordre initial à l'ordre final des cartes placées sur la table est une permutation Q_n. Soit $\sigma = \omega(n)$ son ordre. Le rang final y d'une carte se déduit de son rang initial x par une succession de formules de la forme

$$(1)\qquad y = 2^k(x - x_k) + c_k \equiv 2n + 2^{k-1} \pmod{2^k},$$
$$(k = 1, 2, \ldots, r, r+1; \quad 2^{r-1} < n \leq 2^r) \text{ [1]}.$$

1° *Étude du cas où* $n = 2^q + \delta$ ($\delta = 0$ *ou* 1). — Dans ce cas, posons

$$(2)\qquad x - 1 - \delta = 2^{q-1}a_1 + 2^{q-2}a_2 + \ldots + 2a_{q-1} + a_q$$

(l'élément invariant $x = 1$ étant écarté si $\delta = 1$). La suite S des q coefficients a_k sera représentée par

$$(3)\qquad S = 1^\alpha . 0^{\alpha'} . 1^\beta . 0^{\beta'} \ldots 1^\lambda . 0^{\lambda' + \delta - 1}$$

(α et $\lambda' + \delta - 1 \geq 0$, les autres exposants > 0).

La substitution Q_n devient ainsi une substitution T qui opère sur S. Si $\delta = 0$ (donc $n = 2^q$), on a

$$(4)\qquad TS = 0^{\alpha'-1} . 1^\beta . 0^{\beta'} \ldots 1^\lambda . 0^{\lambda'} . 1^\alpha,$$
$$(5)\qquad T^{\alpha'}S = 1^\beta . 0^{\beta'} \ldots 1^\lambda . 0^{\lambda'} . 1^\alpha . 0^{\alpha'-1},$$
$$(6)\qquad T^{s'}S = S \quad (s' = \alpha' + \beta' + \ldots + \lambda').$$

Donc : *l'ordre du cycle qui contient* S *est égal à* s' *ou* (exceptionnellement) *sous-multiple de* S' ($s' - 1$ désignant le nombre des zéros de la suite S).

---

[1] Pour $x = n$, la valeur $2n - 2^r$ de y est toujours obtenue pour $k = r + 1$. Mais, pour $k = r$, la congruence (1) ne donne une valeur acceptable, $2n - 3.2^{r-1}$, que si $n > 3.2^{r-2}$. Dans le cas contraire, les valeurs de k sont $1, 2, \ldots, r - 1$ et $r + 1$ et le transformé de $x = n - 1$ s'obtient pour $k = r - 1$.

Si $s' = q+1$, l'ordre est 1, *et non* $q+1$. *L'ordre* $\omega(n)$ *de* Q_n *est le p. p. c. m. des q premiers nombres entiers.*

Si $\delta = 1$, donc $n = 2^q + 1$, on a

$$\text{TS} = 0^{\alpha'-1}.1^{\beta}.0^{\beta'}\ldots 1^{\lambda}.0^{\lambda'}.1.0^{\alpha}, \tag{7}$$

$$\text{T}^{\alpha'}\text{S} = 1^{\beta}.0^{\beta'}\ldots 1^{\lambda}.0^{\lambda'}.1.0^{\alpha}.1^{\alpha'-1}, \tag{8}$$

tandis que la permutation P_n, que nous avons étudiée dans une Note antérieure ([2]), devient la substitution U définie par

$$\text{US} = \begin{cases} 0^{\alpha'-1}.1^{\beta}.0^{\beta'}\ldots 1^{\lambda}.0^{\lambda'}.1 & (\alpha = 0), \\ 0^{\alpha-1}.1^{\alpha'}.0^{\beta}\ldots 0^{\lambda}.1^{\lambda'}.0 & (\alpha > 0). \end{cases} \tag{9}$$

On en déduit

$$\text{T}^{q+1}\text{S} = \text{U}^{q+1}\text{S} = \text{S}, \tag{10}$$

$$\text{TS} = \text{U}^{\alpha+1}\text{S}, \qquad \text{US} = \begin{cases} \text{TS} & (\alpha = 0), \\ \text{T}^{s'+1}\text{S} & (\alpha > 0). \end{cases} \tag{11}$$

Donc : *pour* $n = 2^q + 1$, $\omega(n) = q + 1$. *De plus, chaque cycle de* Q_n *est composé des mêmes éléments qu'un cycle de* P_n (mais la permutation circulaire à l'intérieur du cycle n'est en général pas la même pour P_n et pour Q_n; ces deux permutations sont toujours différentes pour $n > 3$).

2° Soit E l'ensemble des valeurs de n pour lesquelles tous les cycles de P_n sont de types impairs, sauf celui constitué par l'élément invariant 1. Cale revient à dire que $p = 2n - 1$ est de la forme $2^q + 1$ ou admet un multiple de cette forme.

Pour toutes ces valeurs de n : a. Il existe, pour Q_n, *au moins un cycle d'ordre* $\omega(n)$, *égal au p. p. c. m. des ordres de tous les cycles. b. Chaque cycle de* Q_n *est composé des mêmes éléments qu'un cycle de* P_n.

Pour $n = 4$ et 11 (valeurs qui n'appartiennent pas à E), *a* est réalisé, mais non *b*, qui n'est réalisé que si n appartient à E.

Si P_n est d'ordre $n - 1$, pour que n appartienne à E, il faut et il suffit que $n \equiv 2$ ou 3 (mod 4). Alors les résultats précédents s'appliquent, et Q_n comprend, comme P_n, un cycle d'ordre $n - 1$ (et l'élément invariant 1).

D'une manière plus précise, pour que Q_n admette un cycle d'ordre $n - 1$, il faut et il suffit que P_n admette un tel cycle et que de plus $n \equiv 2$ ou 3 (mod 4); il est donc nécessaire que $p = 2n - 1$ soit premier.

Ces résultats se déduisent aisément de ce que, si la relation $y = Q(n, x)$ qui exprime que y est le transformé de x par Q_n est vérifiée pour les valeurs n_0, x_0, y_0 de n, x, y, elle l'est aussi pour les valeurs

$$n_0 + (2h_0 - 1)h, \quad x_0 + 2(x_0 - 1)h, \quad y_0 + 2(y_0 - 1)h \qquad (h = 1, 2, \ldots).$$

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 422-423. La notation Q_n n'a pas ici la même signification que dans cette Note.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le rayon de convergence de la série de Blasius.* Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Paul Montel.

1. Blasius a fondé son étude de la couche limite laminaire sur l'équation $y'''(x)+y(x)y''(x)=0$, $[y(0)=y'(0)=0, y''(0)=1]$ qu'il a intégrée par une série entière en x [1]. Il y a un an, M. J. Kuntzmann, répondant à une question de M. A. Oudart, a montré que cette série a un rayon de convergence R *fini* et que $2,884 < R < 3,203$ [2].

2. Les questions de ce genre présentant des difficultés, il n'est pas sans intérêt de donner ici deux autres démonstrations du résultat de M. Kuntzmann, généralisables à des cas plus étendus. La première est calquée sur la méthode de M. Borel dans sa célèbre démonstration élémentaire du théorème de Picard. La seconde s'inspire du calcul des séries majorantes de Cauchy et Poincaré. Nous trouvons $3,1 < R < 3,18$.

3. Posons $y(-x)=u(x)$. La série pour $u(x)$ satisfait à

$$u'''(x)=u(x)u''(x) \tag{1}$$

et peut être écrite sous la forme [3]

$$\left\{\begin{array}{l} \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu x^{3\nu+2}, \quad c_\nu>0, \quad c_0=0,5, \\ c_1=8,3333.10^{-3}, \quad c_2=2,728176.10^{-4}, \quad c_3=9,39454.10^{-6}, \\ c_4=3,2.10^{-7}, \quad c_5=1,0732.10^{-8}. \end{array}\right. \tag{2}$$

4. *Première méthode.* — Pour $0<x<R$, on a

$$R < x+\frac{5,5}{u(x)^{\frac{1}{2}}u''(x)^{\frac{1}{6}}}. \tag{3}$$

En effet, en divisant (1) par $u''(x)$ et en intégrant de $x>0$ à $x+h>x$, on a, puisque $e^x \geqq (ex/4)^4 = Ax^4$, $(x\geqq 0)$,

$$u''(x+h)>u''(x)\exp[hu(x)]\geqq Au''(x)h^4u(x)^4,$$

d'où, en intégrant deux fois par rapport à h, de 0 à h,

$$u(x+h)-u(x)>\frac{A}{30}h^6u''(x)u(x)^4.$$

Soit

$$x_0\geqq 0, \quad u''(x_0)\equiv u''_0; \quad h=\frac{\varepsilon}{u(x)^{\frac{1}{2}}}, \quad \varepsilon=\frac{2,75}{u_0''^{\frac{1}{6}}}.$$

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) H. Blasius, *Z. f. Math. u. Ph.*, 56, 1908, p. 1-37.

(2) Cf. Ad. Oudart, *Publ. sc. et tech. du Ministère de l'air*, n° 213, 1948, p. 123-127.

(3) *Cf.* Blasius, *loc. cit.*, p. 6.

On obtient, pour $x \geqq x_0$,

$$u(x+h) - u(x) > \frac{A}{30} h^6 u'' u^1 = \frac{A}{30}(2,75)^6 u > 3u.$$

Donc

$$u\left(x + \frac{\varepsilon}{\sqrt{u(x)}}\right) > 4u(x), \qquad u^{\frac{1}{2}}\left(x + \frac{\varepsilon}{u(x)^{\frac{1}{2}}}\right) > 2u(x)^{\frac{1}{2}}.$$

Posons

$$x_{\nu+1} = x_\nu + \frac{\varepsilon}{\sqrt{u(x_\nu)}} \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots).$$

On a, pour $\nu \to \infty$,

$$\sqrt{u(x_{\nu+1})} > 2\sqrt{u(x_\nu)} > 2^{\nu+1}\sqrt{u(x_0)}, \qquad x_{\nu+1} - x_\nu < \frac{\varepsilon}{2^\nu \sqrt{u(x_0)}},$$

$$x_\nu \to X_0 < x_0 + \frac{2\varepsilon}{\sqrt{u(x_0)}} < x_0 + \frac{5,5}{u(x_0)^{\frac{1}{2}} u''(x_0)^{\frac{1}{6}}}.$$

Donc, puisque $u(X_0)$ ne peut rester fini, on a $R \leqq X_0$.

5. *Deuxième méthode.* — Elle utilise le lemme suivant presque évident :

Soit $z(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu x^\nu$, $(a_\nu \geqq 0)$ *une série entière vérifiant*

$$z'''(x) - z(x) z''(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} A_\nu x^\nu. \tag{4}$$

Si, pour $\nu > n \geqq 2$, $A_\nu \geqq 0$ *et si* $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n$ *majorent les coefficients* c_ν *correspondants,* $u(x)$ *est majorée par* $z(x)$. *Si pour* $\nu > n \geqq 2$, *les* A_ν *sont* $\leqq 0$ *et les coefficients* $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n$ *sont majorés par les coefficients* c_ν, $z(x)$ *est majorée par* $u(x)$.

6. Posons

$$z(x) = \frac{x^2}{2} + c\frac{x^5}{t - x^3}, \qquad t > 0; \qquad w = \frac{x^3}{t},$$

on a

$$z'''(x) - z(x) z''(x) = \frac{cx^2}{t} \sum_{\nu=0}^{\infty} K_\nu w^\nu,$$

$$K_\nu = (9 - ct)(3\nu^3 - \nu - 2) + \left(108 - \frac{9t}{2}\right)\nu^2 + \left(150 - \frac{9t}{2}\right)\nu + (78 - 2t) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots)$$

Posons $t = 29,8$, $c = 0,255$. On a pour $\nu \geqq 6$,

$$\frac{K_\nu}{\nu^2} > 4,2\nu - 26,1 + \frac{14,5}{\nu} + \frac{15,6}{\nu^2} > 0.$$

Et, pour $\nu = 0, 0, 1, \ldots, 5$, un calcul direct montre que $c_\nu < (c/t^\nu)$. Donc on a

$$u(x) \ll z(x) \qquad \text{et} \qquad R \geqq \sqrt[3]{29,8} > 3,1.$$

7. Posons

$$z(x) = \frac{x^2}{2} + \frac{x^5}{120} + \frac{9}{t^2}\frac{x^8}{t - x^3}, \qquad t > 0, \qquad w = \frac{x^3}{t}.$$

On a

$$z'''(x) - z(x)z''(x) = x^2 \sum_{\nu=1}^{\infty} L_\nu w^\nu,$$

$$t^2 L_1 = 9.336 - \frac{11 t^3}{120}, \qquad t^2 L_2 = 9.990 - 9.29\, t - \frac{t^4}{720},$$

et, pour $\nu > 2$,

$$\frac{t^2}{9} L = \left(189 - \frac{9}{2} t - \frac{3t^2}{40}\right)\nu^2 + \left(69 - \frac{9}{2} t + \frac{3t^2}{40}\right)\nu + \left(276 - 2t - \frac{11}{60} t^2\right).$$

En posant $t = 32{,}1 > \sqrt[3]{(9.336.120/11)}$, on a directement $L_1 > 0$, $L_2 > 0$ et l'on voit facilement que $L_\nu > 0$, $(\nu > 2)$. Donc, pour $t = 32{,}1$, $z(x) \ll u(x)$ et $R < \sqrt[3]{32{,}1} < 3{,}18$. On peut d'ailleurs abaisser cette borne jusqu'à $3{,}14$.

TOPOLOGIE. — *Sur les classes caractéristiques d'un espace fibré en sphères.* Note (*) de M. **Wu Wen-tsun**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Soit $\mathfrak{S}^{n-1}$ un espace fibré en sphères [abréviation : $(n-1)$-e. f. s.] sur la base K dont les fibres sont des sphères de dimension $n-1$. Entre les diverses classes caractéristiques (C. C.) $W^r(\mathfrak{S})$, $r = 1, \ldots, n$, il existe les relations suivantes (¹)

$$(1)_k \qquad \frac{1}{2}\delta\omega W^{2k} = W^{2k+1}.$$

En effet, considérons un champ de m vecteurs indépendants $\Phi_m = \{\varphi_1, \ldots, \varphi_m\}$ sur le squelette K^{n-m} et un champ de $(m+1)$ vecteurs indépendants

$$\Phi_{m+1} = \{\varphi_1, \ldots, \varphi_m, \varphi_{m+1}\}$$

sur le squelette K^{n-m-1}. La sphère $S^{n-1}(p)$ sur un point $p \in K^{n-m}$ est alors le joint de deux sphères $S_1^{m-1}(p)$ et $S_2^{n-m-1}(p)$, dont $S_1(p)$ est déterminée par les vecteurs $\varphi_1(p), \ldots, \varphi_m(p)$ et $S_2(p)$ est la grande sphère de $S(p)$ complètement orthogonal à $S_1(p)$. L'ensemble de sphères $S_2(p)$, $p \in K^{n-m}$ forme un $(n-m-1)$-e. f. s. $\mathfrak{S}_2$ sur K^{n-m} et un champ de vecteurs $\Phi' = \{\varphi_{m+1}\}$ a été défini sur K^{n-m-1} dans $\mathfrak{S}_2$. Les champs Φ_m et Φ_{m+1} dans $\mathfrak{S}$ définissent respectivement deux cocycles caractéristiques w^{n-m+1} et w^{n-m} de $\mathfrak{S}$ dans K, et le champ Φ' dans $\mathfrak{S}_2$ un cocycle caractéristique c^{n-m} de $\mathfrak{S}_2$ dans K^{n-m}. On démontre que, dans le cas $n-m = 2k$, $w^{n-m} = (c^{n-m})_2$ et $\delta c^{n-m} = 2 w^{n-m+1}$. Donc $1/2\,\delta\omega W^{2k} = W^{2k+1}$.

Nous étendrons la définition des C. C. en posant $W^r(\mathfrak{S}) = 0$ pour $r > n$ et $W^0(\mathfrak{S}) = 1$ = classe unité de K, coefficient $\in I_2$ = groupe d'entiers mod 2. La

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(¹) H. Whitney, *Michigan Lectures*, p. 123. Remarquons que δ est une opération locale au sens de M. N. E. Steenrod (*Annals of Math.*, 43, 1942, p. 116-131).

classe réduite de $W^r(\mathfrak{S})$ par réduction mod 2 sera désignée par $W^r_2(\mathfrak{S})$. Les I_2 — classes $\overline{W}^r_2$ déterminées par récurrence par

$$(2) \qquad \sum_{i=0}^{r} W^i_2(\mathfrak{S}) \cup \overline{W}^{r-i}_2(\mathfrak{S}) = 0 \qquad (r \geqq 0)$$

seront appelées les C. C. duales (C. C. D.) de $\mathfrak{S}$. Introduisons une indéterminée t et posons

$$W(\mathfrak{S}) = \sum_{r=0}^{\infty} W^r(\mathfrak{S})t^r, \qquad W_2(\mathfrak{S}) = \sum_{r=0}^{\infty} W^r_2(\mathfrak{S})t^r, \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{S}) = \sum_{r=0}^{\infty} \overline{W}^r_2(\mathfrak{S})t^r.$$

Nous les appellerons respectivement le polynome caractéristique (P. C.), le P. C. réduit (P. C. R.) et le P. C. R. dual de $\mathfrak{S}$. On peut alors réunir les formules (2) dans une seule : $W_2(\mathfrak{S}) \cup \overline{W}_2(\mathfrak{S}) = 1$.

Soit K′ un autre complexe; une application continue f de K′ dans K induit un e. f. s. sur K′, désigné par $f^*\mathfrak{S}$. Soit f^* aussi l'homomorphisme de l'anneau de cohomologie de K dans celui de K′, on aura

$$(3) \qquad f^*W(\mathfrak{S}) = W(f^*\mathfrak{S}), \qquad f^*W_2(\mathfrak{S}) = W_2(f^*\mathfrak{S}), \qquad f^*\overline{W}_2(\mathfrak{S}) = \overline{W}_2(f^*\mathfrak{S}).$$

Soient $\mathfrak{S}_i$ ($i = 1, 2$) deux e. f. s. sur la même base K. On construit un troisième e. f. s. sur K, dont les sphères $S(p)$ sont le joint de sphères $S_i(p)$ de $\mathfrak{S}_i$. Nous l'appellerons le produit des $\mathfrak{S}_i$ et le désignerons par $\mathfrak{S}_1 \cup \mathfrak{S}_2$. On a

$$(4) \qquad W_2(\mathfrak{S}_1 \cup \mathfrak{S}_2) = W_2(\mathfrak{S}_1) \cup W_2(\mathfrak{S}_2), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{S}_1 \cup \mathfrak{S}_2) = \overline{W}_2(\mathfrak{S}_1) \cup \overline{W}_2(\mathfrak{S}_2).$$

Ces deux formules constituent ce qu'on appelle le théorème de dualité (mod 2) de M. Whitney [2].

2. Soit $\mathfrak{S}^{n-1}$ ($n > 1$) un e. f. s. sur une *variété différentiable* M et f la projection de $\mathfrak{S}^{n-1}$ sur M; M^* = l'e. f. s. tangent de M; $\mathfrak{S}^*$ = l'e. f. s. tangent de $\mathfrak{S}^{n-1}$.

THÉORÈME I. —

$$W_2(\mathfrak{S}^*) = f^*W_2(\mathfrak{S}) \cup f^*W_2(M^*), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{S}^*) = f^*\overline{W}_2(\mathfrak{S}) \cup f^*\overline{W}_2(M^*).$$

Démonstration. — Soit $T_x(N_x)$ le plan tangent (normal) de $S(p)$ au point $x \in S(p)$, sphère sur $p \in M$. L'espace des directions dans $T_x(N_x)$ issues de x engendre un e. f. s. $\mathfrak{I}(\mathfrak{N})$ dont la base est $\mathfrak{S}$. On peut considérer $S(p)$ comme la sphère unité d'un espace vectoriel $V(p)$ d'origine p. Soit L_x la droite passant par $x \in S(p)$ et p. Les L_x définissent naturellement un o-e. f. s. $\mathfrak{L}$ sur la base $\mathfrak{S}$. On voit que (A) $\mathfrak{L}$ est simple; (B) $\mathfrak{L} \cup \mathfrak{I}$ est isomorphe à $f^*\mathfrak{S}$; (C) $\mathfrak{N}$ est isomorphe à f^*M^*; (D) $\mathfrak{S}^* = \mathfrak{I} \cup \mathfrak{N}$. Donc en utilisant (3)

---

[2] *Loc. cit.*, p. 132. Pour une démonstration, *voir* WU WEN-TSUN, *Annals of Math.*, 49, 1948, p. 641-653.

et (4), on a respectivement :

$$\text{(A)} \qquad W_2(\mathfrak{L}\cup\mathfrak{I}) = W_2(\mathfrak{I}), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{L}\cup\mathfrak{I}) = \overline{W}_2(\mathfrak{I});$$

$$\text{(B)} \qquad W_2(\mathfrak{L}\cup\mathfrak{I}) = f^* W_2(\mathfrak{S}), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{L}\cup\mathfrak{I}) = f^* \overline{W}_2(\mathfrak{S});$$

$$\text{(C)} \qquad W_2(\mathfrak{N}) = f^* W_2(M^*), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{N}) = f^* \overline{W}_2(M^*);$$

$$\text{(D)} \qquad W_2(\mathfrak{S}^*) = W_2(\mathfrak{I}) \cup W_2(\mathfrak{N}), \qquad \overline{W}_2(\mathfrak{S}^*) = \overline{W}_2(\mathfrak{I}) \cup \overline{W}_2(\mathfrak{N}).$$

Le théorème I est une conséquence des formules (A)-(D).

Comme une conséquence immédiate du théorème I on a :

Théorème II. — *Pour qu'une variété* M^n *puisse être fibrée en sphères à dimension d, il est nécessaire que* $W_2^r(M^*) = 0$, *et* $\overline{W}_2^r(M^*) = 0$, *pour* $r > n - d$.

Le théorème I nous permet aussi de déterminer toutes les C. C. des variétés de Stiefel. En effet, on a $W_2^r(V_{n,1}^*) = W_2^r(S^{n-1}) = 0$, $r > 0$, c'est-à-dire $W_2(V_{n,2}^*) = 1$. Supposons que $W_2(V_{n,m}^*) = 1$ et considérons $V_{n,m+1}^*$ comme un e. f. s. $\mathfrak{S}$ sur $V_{n,m}$ avec projection f.

Le théorème I nous donne $W_2(V_{n,m+1}^*) = f^* W_2(\mathfrak{S}) \cup f^* W_2(V_{n,m}^*)$. Donc $W_2(V_{n,m+1}^*) = f^* W_2(\mathfrak{S})$. Néanmoins on a $W_2^r(\mathfrak{S}) = 0$ pour $r > n - m$, d'après la définition des C.C.; pour $0 < r < n - m$, puisque $H_r(V_{n,m}) = 0$; et $f^* W_2^{n-m}(\mathfrak{S}) = 0$, d'après un théorème de S. Chern (3). Donc $W_2(V_{n,m+1}^*) = 1$. En utilisant les formules (1) et en remarquant que $\chi(V_{n,m+1}) = \chi(V_{n,m})\chi(S^{n-m-1}) = 0$, χ étant la caractéristique d'Euler-Poincaré, on aura $W(V_{n,m}) = 1$. Donc :

Théorème III. — *Toutes les classes caractéristiques de dimension* $r > 0$ *des variétés de Stiefel* $V_{n,m}(m > 1)$ *sont nulles.*

Remarque : — $V_{n,m}(m > 1)$ est en général non parallélisable. Ex. $V_{4,2}$ et $V_{8,2}$.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Meilleure formule de quadrature approchée à deux valeurs pour les fonctions ayant une dérivée seconde bornée.* Note (*) de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Les formules ordinaires de quadrature approchée font intervenir dans le calcul d'erreur, des dérivées d'ordre supérieur dont le calcul est laborieux et qui sont dépourvues de signification pour les courbes définies par un tracé.

Nous nous proposons de déterminer les deux points a et b de l'intervalle $-l+l$ tels que la borne supérieure de l'erreur commise en remplaçant l'intégrale $\int_{-l}^{+l} f(x)\,dx$, $|f''(x)| < k$, par l'intégrale dans le même intervalle relative à la corde joignant les deux points de la courbe d'abscisses a et b soit aussi petite que possible.

Les calculs (très élémentaires) sont seulement indiqués.

---

(3) *Annals of Math.*, 47, 1946, p. 85-121. (Théorème 8.)

(*) Séance du 5 juillet 1948.

Donnons-nous en a et b non seulement l'ordonnée, mais aussi la tangente. La plus grande valeur pour l'intégrale est alors réalisée par l'une des deux courbes suivantes (elles n'existent pas simultanément) :

a. Parabole $(k/2)\,x^2+\lambda x+f=y$ passant par a et b et tangente aux deux tangentes données (ceci exige naturellement des conditions); *b*. parabole $(k/2)x^2+\lambda x+f=y$ passant par a et tangente en a à la direction donnée, avec parabole $(k/2)\,x^2+\mu x+g=y$ passant par b et tangente en b à la direction donnée et parabole $(-k/2)\,x^2+\nu x+h=y$ tangente aux deux premières aux points c et d, $a<c<d<b$.

On forme avec des arcs de ces trois paraboles une courbe continue passant par a et b.

Le cas a est naturellement une dégénérescence du cas b, mais comme il interviendra effectivement il y a intérêt à le mettre en évidence.

On montre très simplement qu'une courbe passant par les points donnés d'abscisses a et b et tangente en ces points aux directions fixées ne peut avoir un point au-dessus de la courbe limite qui vient d'être définie sans avoir en un certain point une dérivée seconde supérieure à k en valeur absolue.

Des calculs faciles déterminent c, d et l'aire S correspondant à la courbe limite. En prenant les variables auxiliaires $X=\lambda-\mu$, $Y=f-g$, on trouve pour la courbe b

$$S=\frac{-X^3}{96k^2}-\frac{Y^2}{2X}+pX+qY+r,$$

p, q, r sont des constantes qui ne dépendent que des points d'abscisses a et b et de l. (Le cas a correspond à $X=Y=0$.) Les inégalités sur c et d se traduisent par

$$X>0 \qquad \frac{-X^2}{4k}-aX>Y>\frac{X^2}{4k}-bX.$$

On discute pour quelles valeurs de X et Y l'erreur commise en remplaçant S par l'intégrale relative à la corde est maximum. On trouve les résultats suivants :

Si $b-a>l$ le maximum de l'erreur correspond au cas a et

$$M=r=\frac{kl^3}{3}+klab.$$

Si $b-a>l$ le maximum de l'erreur correspond au cas b et

$$M=\frac{kl^3}{3}+klab+\frac{4k}{3}\,\frac{\left[4abl\left(l-(b-a)\right)\right]^{\frac{3}{2}}}{(b-a)^3}.$$

Enfin il s'agit de déterminer a et b pour rendre ce maximum aussi petit que possible.

Ceci a toujours lieu pour $a=-b$. Dans le cas a il faut prendre $b=-a=l/2$.

Dans le cas b, $b = -a = l(4-2\sqrt{3}) \# 0,536\,l$. C'est cette valeur qui donne le minimum absolu pour M.

La formule à utiliser est $S = l(A+B)$, A et B désignant les ordonnées relatives à a et b.

L'erreur est $e = kl^3(7-4\sqrt{3}) \# 0,072\,kl^3$.

On peut remarquer que ces valeurs sont voisines de celles données par Gauss, $-a = b = 0,577\,l$. Mais la formule d'erreur correspondante est formulée au moyen de la dérivée du quatrième ordre.

Si l'on préfère donner à a et b des valeurs rondes, on peut choisir $-a=b=l/2$. La formule est la même et l'erreur est

$$e = \frac{kl^3}{12} \# 0,0833\,kl^3.$$

On peut enfin, si la fonction a une dérivée seconde variant entre $m+k$ et $m-k$, écrire $S = l(a+b)+(ml^3/12)$, $(-a=b=l/2)$, $e' = 0,0833\,kl^3$, ou bien

$$-a = b = 0,536\,l, \qquad S = l(A+B) + ml^3\left(\frac{1}{3}+16\sqrt{3}-28\right),$$

$$\frac{1}{3}+16\sqrt{3}-28 \# 0,045, \qquad e \# 0,072\,kl^3.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une analogie de structure remarquable entre les nébuleuses elliptiques et les amas de nébuleuses extragalactiques.* Note (*) de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. André Danjon.

J'ai précédemment ([1]) indiqué que la distribution de la luminosité dans les nébuleuses elliptiques est très bien représentée par une relation de la forme

$$(1) \qquad \log \mathcal{B} = -A(\alpha^{1/4}-1),$$

avec $A = 3,25$, si l'on pose $\mathcal{B} = B/B_e$ et $\alpha = a/a_e$, B_e étant la brillance correspondant au demi-grand axe *effectif* a_e.

La même formule représente également bien, et avec un coefficient A très voisin, la distribution des nébuleuses dans les amas sphéroïdaux de nébuleuses extragalactiques, si l'on pose de même $\mathcal{N} = n/n_e$, n_e étant la densité nébulaire superficielle dans l'amas à la distance a_e du centre, (rayon du cercle englobant 50 % de la population totale de l'amas), déterminée comme il a été indiqué antérieurement ([2]).

(*) Séance du 13 septembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 548.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1692; *Contrib. I. A. P.*, série A, n° 18.

2. Le tableau donne pour trois amas de galaxies, étudiés par Zwicky [3], [4], les valeurs de $\log \mathfrak{N}$ en fonction de α.

as.	a_e.	α.....	0,05.	0,1.	0,2.	0,3.	0,5.	0,75.	1.	1,5.	2.	2,5.	3.
a	50'........		(+1,50)	+1,32	+0,97	+0,76	+0,47	+0,22	0	−0,38	−0,61	−0,84	−1,04
eus	86'........		(+1,70)	+1,40	+1,00	+0,74	+0,41	+0,17	0	−0,28	−0,54	−0,77	−
a	70'........		−	(+1,40)	+1,08	+0,83	+0,49	+0,23	0	−0,33	−0,58	−0,80	−0,09
oyenne $\log \mathfrak{N}$.....			(+1,60)	+1,37	+1,02	+0,78	+0,46	+0,21	0	−0,33	−0,58	−0,80	(−1,02)
ε..............			−	3,7	4,3	3,7	3,0	2,3	−	3,3	2,3	2,3	−
$(O - C_1)$.......			(−3)	+1	−1	−2,5	−3,5	−2	0	+1	+0,5	−1	(−4)
$(O - C_2)$.......			(−13)	−3	+2	+1	+1	+1	0	−1	+1	+2	(+1)

On constate que d'une part l'écart moyen ε des valeurs observées de $\log \mathfrak{N}$ par rapport à leur moyenne ne dépasse pas $\pm 0{,}04$ dans tout le domaine bien observé et s'élève à $\pm 0{,}03$ seulement en moyenne, et que, d'autre part, l'écart $O - C_1$ par rapport à la formule

$$(1') \qquad \log \mathfrak{N} = -3{,}10\,(\alpha^{1/4} - 1)$$

ne dépasse pas $\pm 0{,}04$ dans le même domaine et s'élève à $\pm 0{,}01_5$ seulement en moyenne, alors que α varie dans un rapport supérieur à 50 et la densité nébulaire dans un rapport de plus de 400 à 1.

Comme la valeur du rayon effectif a_e n'est pas déterminée spécialement en vue de satisfaire à la formule (1)', qui ne contient donc aucun paramètre d'ajustement individuel arbitraire, la précision de l'ajustement obtenu et plus encore la concordance des coefficients A relatifs aux nébuleuses et aux amas ne sont très probablement pas fortuites.

Elles établissent entre ces objets, sur une base quantitative, une analogie de structure très remarquable, déjà pressentie par Zwicky [4].

3. La formule (1)' représente nettement mieux les observations que la courbe théorique établie par Zwicky [2] en assimilant les amas à des sphères gazeuses en équilibre gravifique isotherme de rayon limité ($R_1 \sim 85$).

Cela ne signifie pas toutefois que cette assimilation soit à rejeter, mais seulement que le rayon limite choisi était trop petit et aussi que l'hypothèse de l'uniformité des masses nébulaires constitue une simplification excessive.

La dernière ligne (O-C_2) du tableau, donnant les résidus des valeurs observées par rapport aux valeurs calculées pour un modèle plus vraisemblable d'amas, constitué par un mélange, dans les proportions respectives de 37 %, 37 %, 23 % et 3 % [5], de 4 sortes de nébuleuses de masses relatives 1/4, 1/2, 1 et 2, formant 4 sphères en équilibre gravifique isotherme de rayons limites

---

(3) *Publ. Ast. Soc. Pacific*, 54, 1942, p. 185.

(4) *Astroph. Jl.*, **86**, 1937, p. 243.

(5) Valeurs choisies d'après les magnitudes limites des dénombrements de Zwicky et en accord avec la fonction de luminosité des nébuleuses.

$4R_1$, $2R_1$, $R_1 = 160$ et $1/2 R_1$ (équipartition de l'énergie), montre en effet que ce modèle conduit à un accord pratiquement parfait (écart moyen : $\pm 0,01_5$) avec les valeurs observées.

Cette structure pourrait être contrôlée et précisée par des déterminations : *a*. de la fréquence des magnitudes totales des nébuleuses en fonction de la distance au centre des amas; *b*. de la fréquence de leurs vitesses radiales résiduelles en fonction de leur magnitude.

Ces observations permettraient réciproquement une détermination précise des masses nébulaires.

CHALEUR. — *Rectification par chauffage de la phase liquide et refroidissement de la phase vapeur*. Note (*) de M. **Antoine Pierre Rollet**, transmise par M. Louis Hackspill.

L'efficacité d'une colonne adaptée à la rectification d'un mélange de deux liquides volatils est augmentée dans la mesure où les deux phases en contact (vapeur montante et liquide descendant) sont rapprochées de l'équilibre.

Récemment, divers auteurs ont cherché à améliorer les échanges entre phases et proposent des appareils de laboratoire dont la singularité est dans la nature, la forme et les dimensions des matériaux de remplissage (1) (2) (3) (4), ou encore dans l'utilisation de la force centrifuge (5) (6).

Si dans une section quelconque de la colonne de rectification les points V′ et L′ représentent sur le diagramme isobare les points figuratifs des phases en contact, l'équilibre ne peut être atteint qu'avec des points tels que V et L à une même température. Pour rapprocher respectivement V′ et L′ de V et L on peut chauffer directement le liquide L′ et refroidir la vapeur V′. Une telle opération exige que les phases vapeur et liquide soient bien séparées; il en peut être ainsi dans un tube sensiblement horizontal dont on chauffe la partie inférieure tandis qu'on refroidit la partie supérieure.

Le dispositif expérimenté comporte un tube laboratoire de verre pyrex de $1^{cm},4$ de diamètre intérieur, long de 90^{cm} et incliné de 5 % sur l'horizontale. Un fil de nichrome permet le chauffage de la partie inférieure de ce tube; une gouttière permet le refroidissement de la partie supérieure; et de plus un

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) Podbielniak, *Ind. Eng. Chem. Anal.*, 13, 1941, p. 639.

(2) Todd, *Ibid.*, 17, 1945, p. 175.

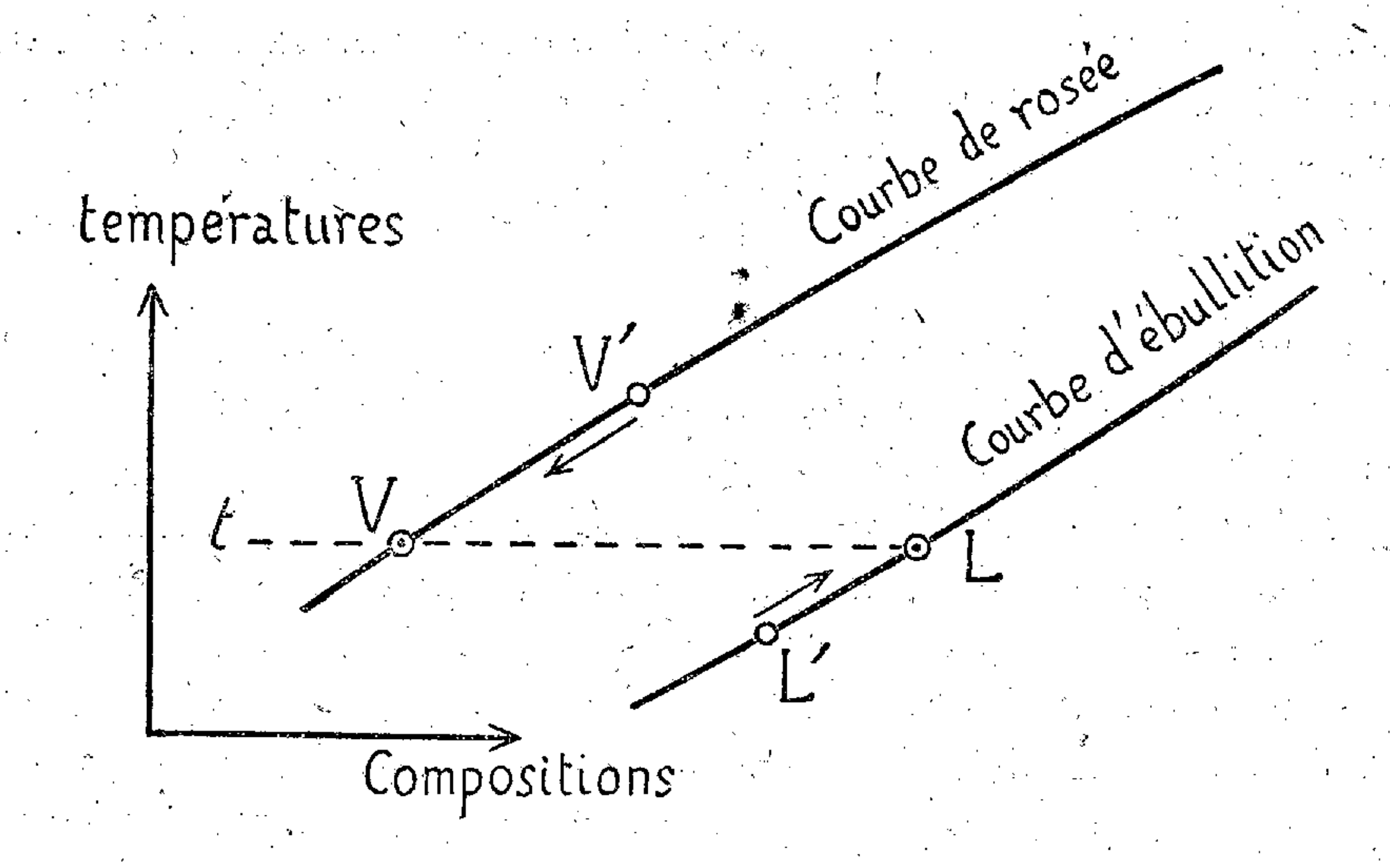
(3) Naragon et Lewis, *Ibid.*, 18, 1946, p. 448.

(4) Dostrovsky et Hughes, *The Nature*, 158, 1946, p. 164.

(5) Jaulmes et Coulon, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 37.

(6) Willingham, Sedlak, Rossini et Westhaver, *Ind. Eng. Chem.*, 39, 1947, p. 706.

courant d'eau [7] de débit réglable le traverse sensiblement selon son axe, passant dans un tube de verre de $0^{cm},6$ de diamètre extérieur qui porte enroulé autour de lui un fil métallique, de 1^{mm} de diamètre, destiné à faire retomber sur la partie inférieure du tube laboratoire le liquide condensé.



On mène l'opération en réglant le chauffage électrique de façon à obtenir sur toute sa longueur l'ébullition du liquide qui reflue sur la paroi inférieure du tube laboratoire. L'efficacité de la rectification a été étudiée dans les conditions de reflux total sur des mélanges benzène-toluène et benzène-chlorure d'éthylène. Voici quelques résultats :

Débit du réfrigérant intérieur.	Reflux en pied de colonne.	Nombre de plateaux théoriques.
2300^{cm^3} par heure	320^{cm^3} par heure	12
2300 »	380 »	11,5
2300 »	450 »	10
2300 »	520 »	8,5
3500 »	400 »	13
3500 »	480 »	12
3500 »	640 »	9,5

Le volume du liquide retenu dans la colonne en fonctionnement est de 6 à 7^{cm^3}.

Si l'on tient compte du fait que l'encombrement vertical de l'appareil seul est inférieur à 10^{cm}, on voit qu'il est possible de construire sur ce principe des colonnes puissantes de faible hauteur.

---

(7) Éventuellement une solution de chlorure de calcium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Caractères de réversibilité et d'irréversibilité des lames minces courbes de* retour. Note (*) de M. **Raphaël Matalon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les solutions moussantes sont capables de donner des lames minces dont les propriétés mécaniques peuvent être étudiées par les courbes d'étirement à l'aide d'un étrier plan rectangulaire [1].

La longueur de la lame obtenue à partir d'une solution donnée dépend de deux facteurs :

1° L'aptitude des molécules à diffuser du sein de la solution vers l'interface liquide-air : propriété que nous appelons *nourriture de la lame*;

2° La stabilité de la lame à l'essorage.

Aux grandes vitesses d'étirement, la hauteur de la lame obtenue avant la rupture est en relation avec la nourriture, tandis qu'aux très petites vitesses, c'est la stabilité à l'essorage qui est le facteur prédominant.

Lorsque les lames minces obtenues à l'étirement sont suffisamment stables, il devient alors possible d'étudier le processus de *retour* en faisant redescendre vers la solution la lame préalablement étirée. Le tracé de la courbe force-déplacement obtenue au cours de cette opération, permet d'étudier les caractères de réversibilité ou d'irréversibilité du processus d'étirement.

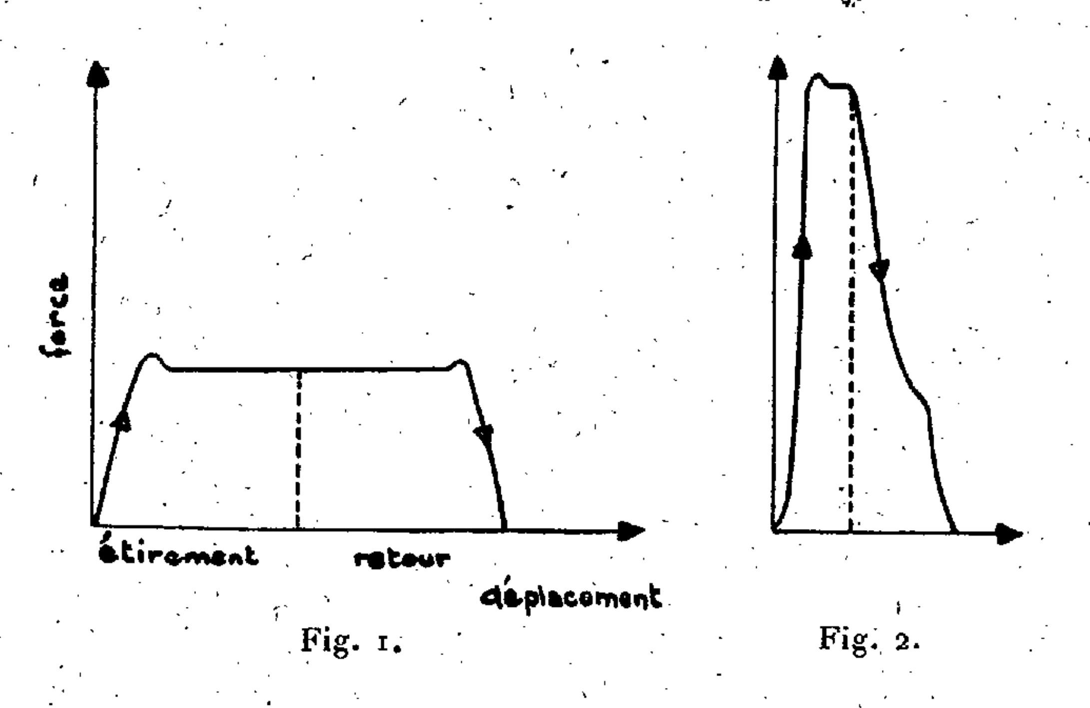


Fig. 1. Fig. 2.

Les courbes de retour ont un intérêt très grand parce qu'elles permettent de se rendre mieux compte de ce qui se passe dans une lame mince.

D'une façon générale, les courbes de retour sont superposables aux courbes d'étirement lorsque la concentration du produit en solution correspond à l'abaissement maximum de la tension superficielle, et lorsque le produit adsorbé en surface n'y subit aucune modification de nature chimique. C'est le

---

(*) Séance du 2 août 1948.

[1] R. Matalon, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 896.

cas, par exemple, du laurylsulfate de Na à la concentration de $m/100$ (concentration correspondant à la formation des micelles).

Pour de tels corps, cependant, il n'y a pas réversibilité dans l'étirement d'une lame si l'on est à des concentrations inférieures à celle qui correspond au minimum de la tension superficielle; la tension de retour est alors plus faible qu'à l'étirement. Ceci indique un encombrement plus petit de molécules absorbées à l'interface.

L'irréversibilité est également observée dans le cas de substances qui s'adsorbent en surface sous une forme physique particulièrement stable. La saponine donne ainsi des courbes nettement irréversibles (*fig.* 2), les molécules de saponine adsorbées pendant l'étirement ne se désorbent plus ou se désorbent très peu au cours du retour.

Dans le cas où le corps actif est modifié dans la couche adsorbée, on peut observer soit la réversibilité comme avec l'oléate de Na (*fig.* 1), soit l'irréversibilité comme avec une protéine, l'ovalbumine par exemple ; on retrouve alors les caractères de réversibilité de la réaction qui se passe en surface : hydrolyse dans le cas de l'oléate de Na, dénaturation dans le cas de la protéine.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une cause d'erreur dans le tracé de la courbe courant-tension des électrolytes de polissage anodique. Application à l'étude du mécanisme du polissage.* Note (*) de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour la recherche des conditions opératoires du polissage électrolytique des métaux, on reconnaît maintenant le rôle fondamental de la couche visqueuse riche en produits de dissolution enveloppant l'anode, mise en évidence pour la première fois lors de l'étude du polissage du cuivre dans l'acide orthophosphorique. La courbe $I = f(V)$ tracée avec les bains de polissage présente souvent des singularités qui traduisent la présence de cette couche de diffusion et en révèlent la faible conductibilité électrique (1).

Certaines discordances entre les conditions de polissage réelles et celles tirées de l'interprétation de la courbe courant-tension nous ont conduit à examiner l'influence des caractéristiques microgéométriques de la surface de l'anode sur la forme de cette courbe. Les résultats ci-dessous se rapportent au cas des aciers polis dans le mélange anhydride acétique 765$^{cm^3}$, acide perchlorique à 63 % 185$^{cm^3}$, eau 50$^{cm^3}$ à la température de 20°C. (2).

Le spécimen (acier à 0,22 % de C, brut de coulée) est immergé verticalement

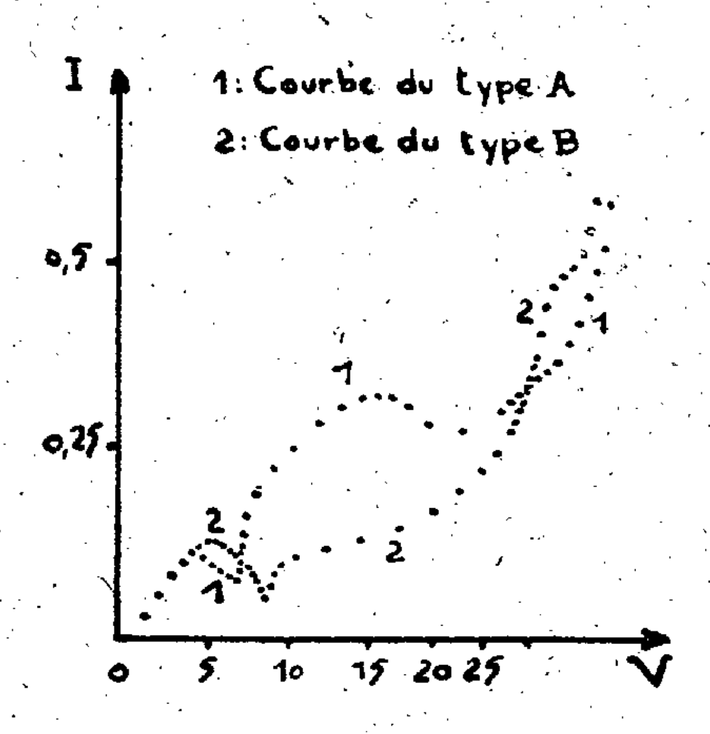
(*) Séance du 6 septembre 1948.

(1) P. Jacquet, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1473; **203**, 1936, p. 402; L. Epelboim et C. Chalin, *Métaux et Corrosion*, **23**, 1948, p. 1.

(2) P. Jacquet et P. Rocquet, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1012.

pour que la superficie anodique soit toujours égale à 3^{cm^2}. La courbe courant-tension est tracée, soit par lecture directe des appareils de mesure, soit par pointé du spot d'un oscillographe cathodique ordinaire ([3]). Ces deux méthodes donnent, au moins qualitativement, les mêmes résultats. La tension redressée appliquée aux deux électrodes croît régulièrement de volt en volt toutes les 2 secondes, depuis zéro jusqu'à 30 ou 60 V.

Nous avons observé ainsi deux types de courbes selon que le spécimen a été préalablement soumis à l'abrasion sur les papiers émeri et potée, ou qu'il a déjà reçu un polissage anodique. Le premier type (A, *fig.*) présente un maximum très notable, suivi d'un minimum, de l'intensité traversant la cellule



sous une tension voisine de 15 V, alors que, dans la même région, le deuxième type (B, *fig.*) comporte une lente croissance de l'intensité sans maximum. Au voisinage de l'origine, et jusqu'à une tension de quelques volts, les courbes ont sensiblement la même forme. Ces deux types sont bien reproductibles, mais pour le premier la valeur maximum de l'intensité sous 15 V dépend de la grosseur du grain abrasif : elle est d'autant plus élevée que le grain est plus gros. Une surface dégrossie aux abrasifs, puis très bien polie mécaniquement à l'alumine jusqu'à disparition totale des rayures, fournit une courbe du type B, mais il suffit de la recouvrir de quelques stries, au moyen d'une pointe fine, pour qu'apparaissent le maximum et le minimum d'intensité caractéristiques du type A.

En conséquence, la densité de courant très élevée qui s'établit pour une tension de 15 V sur une surface d'acier dont le microprofil présente des creux et des aspérités, est liée qualitativement à la présence de ces défauts et quantitativement à leur nombre et à leur forme, d'où une interprétation du mécanisme possible de l'effet de polissage.

([3]) I. Epelboim et C. Chalin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 324; *Revue générale de l'Électricité*, 57, 1948, p. 254.

Pendant la première phase de l'électrolyse, les aspérités émergent de la couche anodique peu conductrice formée tout d'abord dans les creux (cette formation donne lieu au premier crochet de la courbe au voisinage de 5 V), et constituent ainsi des points de concentration du courant, d'où la forte valeur de l'intensité et la dissolution sélective. L'expérience montre d'ailleurs, que malgré sa faible durée, 30 à 40 secondes pour atteindre la tension de 15 V, ce premier stade conduit à l'élimination à peu près totale des arêtes de rayures, quelle que soit la grosseur de l'abrasif. A mesure que le microprofil s'améliore, la couche visqueuse recouvre tous les points de la surface, mais l'expérience prouve néanmoins la dissolution sélective des plus minimes reliefs si la tension aux bornes est maintenue comprise entre les abscisses respectives de l'intensité minimum qui suit le maximum de la courbe A et du point de rencontre des courbes A et B.

Signalons enfin que, comme le laisse prévoir le phénomène de diffusion qui gouverne l'équilibre de la couche visqueuse anodique, les valeurs absolues des points singuliers des courbes A et B dépendent de la concentration de l'électrolyte en métal dissous.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude de la recristallisation de l'aluminium de haute pureté par traitements de recuit isothermes.* Note (*) de MM. **Henri Chossat**, **Paul Lacombe** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une Note précédente (¹) nous avons montré, au moyen d'essais mécaniques, que la température de recristallisation de l'aluminium pur écroui dépend des traces ultimes d'impuretés et du taux d'écrouissage antérieur aux traitements de recuit. En particulier, nous avons constaté que la différence des températures de recristallisation entre deux échantillons d'aluminium purs titrant 99,990 et 99,998 était d'autant plus importante que l'écrouissage était plus élevé.

Nous avons étudié dans ce travail la variation des propriétés mécaniques au cours d'un recuit à température constante (essais isothermes). Contrairement aux essais isochrones utilisés dans notre dernière étude (¹), cette méthode a permis de déceler plus facilement un stade intermédiaire entre l'état écroui et l'état recristallisé.

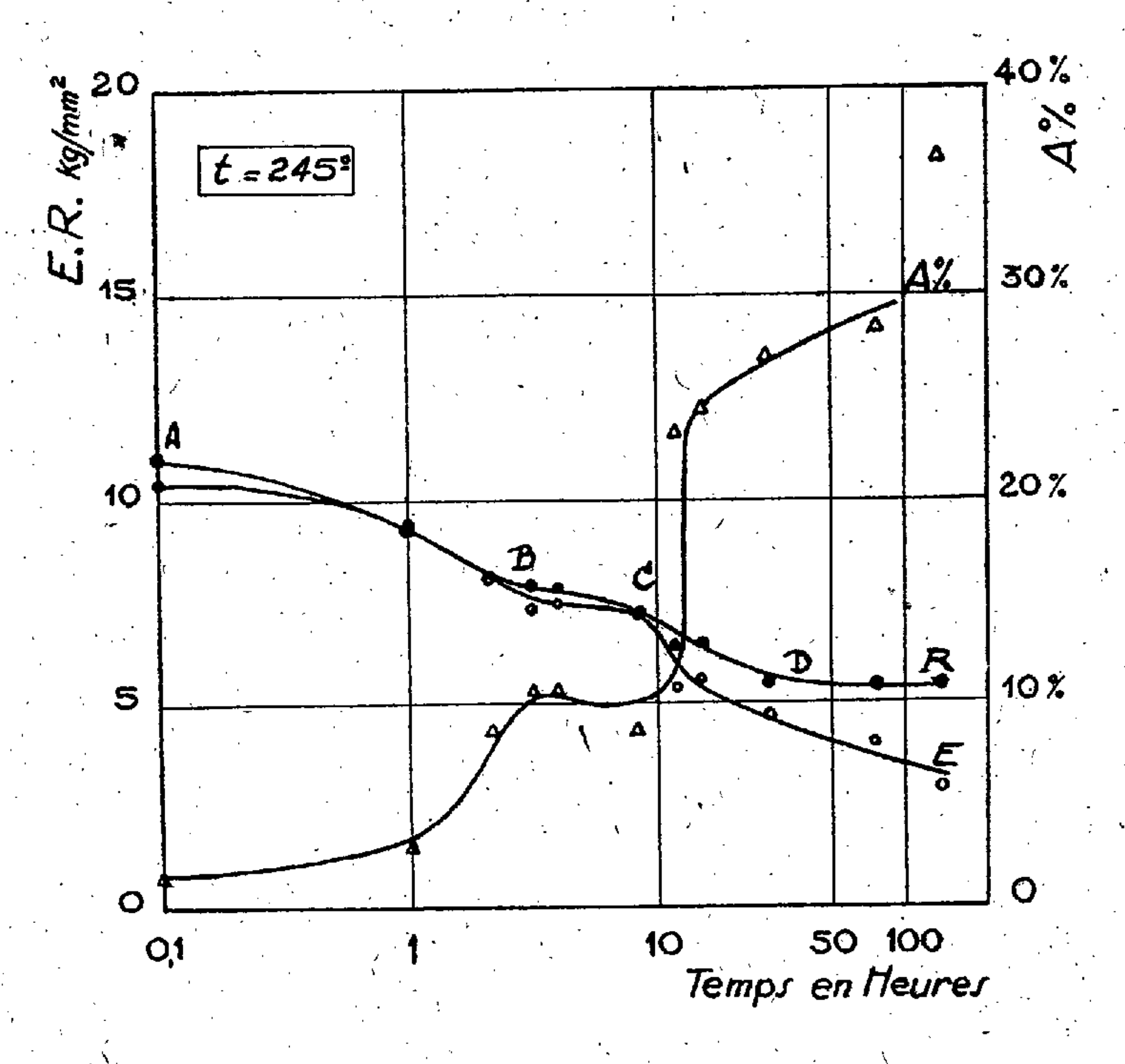
Nous avons mesuré les propriétés mécaniques de l'aluminium 99,99 % sur des microéprouvettes qui étaient découpées dans une tôle écrouie à 95 %. La courbe de traction était enregistrée au moyen d'une micromachine Chevenard.

(*) Séance du 6 septembre 1948.

(¹) H. Chossat, M. Mouflard, P. Lacombe et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 432.

Nous avons choisi pour nos essais isothermes successifs les trois températures de 206, 245 et 285°. D'après nos essais précédents, les températures de 206° et 285° correspondent au début et à la fin de la recristallisation de l'aluminium pur 99,99 %.

Nous avons construit des courbes qui représentent les variations des propriétés mécaniques en fonction du logarithme des temps de recuit. Ces courbes, relatives aux trois températures indiquées, présentent toutes une allure semblable. Nous donnons dans cette Note à titre d'exemple, celles qui correspondent au recuit effectué à 245° (*fig.* 1).



Au début du traitement isotherme, on observe une variation rapide des propriétés mécaniques (partie AB des courbes de variation de la résistance à la traction R et de la limite élastique E), qui est suivie d'un palier intermédiaire BC; ce palier se prolonge d'autant plus que la température de recuit est plus basse. Au delà de ce palier (partie CD), on observe une nouvelle diminution des propriétés mécaniques. Il est important de constater que le rapport E/R reste constant et qu'il est très voisin de 1 jusqu'aux environs du point C; au delà de C, les courbes qui correspondent à la résistance à la traction et à la limite élastique divergent nettement.

De l'existence du palier intermédiaire sur les courbes isothermes de variation des propriétés mécaniques, nous pouvons conclure à l'existence d'une phase de restauration du réseau qui prépare la recristallisation primaire. Ces expériences apportent donc un argument en faveur de l'existence de ce stade intermédiaire

qui fait encore l'objet de nombreuses controverses ([2]). De plus, au cours de ces expériences, nous avons constaté que la forme des courbes de traction enregistrées était caractéristique de chaque étape du phénomène de recristallisation du métal et également de son degré de pureté.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un ester diaminodiéthyl-adipique.* Note ([*]) de M. **Henry Gault** et Mlle **Guiliana Ghilardi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation des iminoesters en aminoesters en présence de platine colloïdal donne de bons résultats à des températures peu élevées et à des pressions ne dépassant pas trois atmosphères ([1]).

Nous nous sommes proposé de rechercher si cette hydrogénation pouvait être conduite en présence de nickel Raney et nous avons dirigé nos recherches sur la diimine ([2]) obtenue par action de l'ammoniac sur l'ester $\alpha\alpha$-diacétyl-adipique en solution alcoolique et établi les conditions dans lesquelles cette hydrogénation se fait avec le plus de facilité.

$$\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}CH_3CO\\ H_5C_2OCO\end{array}\right\rangle CH-CH_2-CH_2-CH\left\langle\begin{array}{l}CO-CH_3\\ COOC_2H_5\end{array}\right.\end{array}$$

$$\xrightarrow{+2NH_3}\quad \left.\begin{array}{r}CH_3-C\!\!\diagup\!\!\!\!=NH\\ H_5C_2OCO\end{array}\right\rangle CH-CH_2-CH_2-CH\left\langle\begin{array}{l}C(=NH)-CH_3\\ COOC_2H_5\end{array}\right.$$

$$\xrightarrow{2H_2}\quad \left.\begin{array}{r}CH_3CH(NH_2)\\ H_5C_2OCO\end{array}\right\rangle CH-CH_2-CH_2-CH\left\langle\begin{array}{l}CH(NH_2)CH_3\\ CO.OC_2H_5\end{array}\right.$$

Voici les principaux résultats que nous avons obtenus :

A la température ordinaire et à la pression atmosphérique, l'hydrogénation ne se fait pas, en raison sans doute de l'insolubilité de l'ester $\beta'\beta'$-diimino $\alpha\alpha$-diéthyl-adipique dans l'alcool.

Les essais d'hydrogénation à la pression atmosphérique en milieu alcoolique vers 70-80° n'ont pas davantage abouti.

Vers 70-80° et sous une pression de 20 kg/cm^2, l'ester $\beta'\beta'$-diimino $\alpha\alpha$-diéthyl-adipique (60^g) s'hydrogène, au contraire, complètement et en moins de deux heures (nickel 10^g).

([2]) M. Cook et J. Richards, *J. Inst. of Metals*, **73**, 1946, p. 1; A. Krupkowski et M. Balicki, *Ann. Acad. Sc. Tech. Varsovie*, **4**, 1937, p. 270.

([*]) Séance du 2 août 1948.

([1]) A. Skita et C. Wulff, *Ann. der Chemie*, **453**, p. 195.

([2]) Perkin, *Chem. Soc.*, **57**, p. 215.

Il peut être préférable d'opérer en présence d'ammoniac afin d'éviter une décomposition possible du produit d'hydrogénation avec perte de NH_3.

Le β'-β'-diamino αα-diéthyladipate d'éthyle, stable à la température ordinaire, se décompose au-dessus de 110° en libérant de l'ammoniac, et de ce fait, il est indistillable même sous la pression de 15^{mm} de mercure. Nous avons pu cependant l'obtenir à l'état pur, par distillation moléculaire, sous la forme d'une huile très légèrement colorée en jaune passant entre 100 et 104°.

Analyse. — Poids moléculaire calculé 288; trouvé 293; N % calculé 9,72; trouvé 9,65.

Nous avons préparé quelques dérivés caractéristiques de la fonction amine :

Chlorhydrate (solide blanc fondant à 198°), chloroplatinate, silicotungstate, benzène-sulfamide (cristaux blancs fondant à 181°), dérivé benzoylé (F 170°).

De l'aminoester on passe facilement à l'aminoacide correspondant par simple chauffage avec de l'eau à 80° pendant 10 heures. L'acide précipite par addition d'alcool à sa solution aqueuse concentrée. Après recristallisation dans un mélange d'eau et d'alcool, il fond avec décomposition, à 249°. D'après le dosage d'eau-humidité effectué sur le produit, il semble que celui-ci cristallise avec deux molécules d'eau.

Nous nous proposons de généraliser ces recherches.

GÉOLOGIE. — *Une grande ligne de séparation stratigraphique dans les séries intermédiaires plissées du Sud-Est sénégalais.* Note de M. **Jean Sagatzky**, présentée par M. Paul Fallot.

Les travaux de C. Skawych, de M. Nicklès et du regretté P. Jacquet ont permis d'établir dans l'Est du Sénégal l'existence des *Séries Intermédiaires*, dont fait partie la série de la Falémé, identifiée à celle de la Rockell de Sierra-Leone par P. Legoux.

Sur la feuille Dakar-Est de la Carte géologique de reconnaissance de l'A. O. F., au millionième (1943), la série de la Falémé est représentée par trois termes : Schistes de la Falémé (F^1), à la base, Grès du Boundou (F^2) et Jaspes (F^3), au sommet. L'ensemble est caractérisé par des plissements assez faibles. Une double discordance entre le Primaire de couverture d'une part, et le Socle Ancien sous-jacent d'autre part, détermine et justifie l'individualité stratigraphique de la série de la Falémé.

Mes recherches récentes dans l'extrême Sud-Est de la même feuille révèlent la présence indubitable de roches arénacées, localement graveleuses et fortement plissées, à la bordure des Schistes de la Falémé (F^1) de Sangola. J'ai identifié d'autres gisements appartenant au même groupe arénacé au Sud-Est de Mako et en bordure du massif de Landé, en dehors des limites du F^1 de Sangola et de Debou. Une partie de leurs affleurements a été déjà vue par

C. Skawych (1931-1933), ensuite par M. Nicklès (1934-1937). Ces formations ont été rattachées d'abord aux *Grès plissés* (C. Skawych), puis à la Série de la Falémé (Service Géologique de l'A. O. F. et M. Nicklès).

Les caractères lithologiques, tectoniques et morphologiques des roches arénacées, compte tenu de leurs quelques particularités régionales, sont analogues à ceux du Tarkwaïen de la Côte d'Ivoire ou de la Haute-Volta. Leur discordance cartographique avec le reste du F^1 et avec le F^2 est évidente (Babel; environs de Oussounkala). La discordance matérielle n'est qu'exceptionnellement visible, notamment, dans le ravin d'Étiesse où le grès ou quartzite arkosique graveleux redressé, est recouvert par des roches jaspoïdes presque horizontales, surmontées à leur tour d'une coulée d'ophite primaire.

Ainsi, à la base des Séries Intermédiaires du Sénégal oriental existe une série particulière. Cette dernière est essentiellement arénacée, graveleuse, continuellement et fortement plissée. Son dépôt et sa tectonique sont nettement antérieurs à ceux de la Série de la Falémé. Par conséquent, une séparation, d'ordre à la fois stratigraphique et cartographique, des roches arénacées de celles de la Série de la Falémé s'impose dès maintenant. Les faits constatés suggèrent en même temps l'utilité d'une révision générale des assises rapportées à F^1, jusqu'aux régions où travaillait F. Jacquet.

Cette grande coupure stratigraphique donnerait plus d'homogénéité aux Séries Intermédiaires proprement dites. Elle séparerait ainsi d'un ensemble sédimentaire, voisin du groupe primaire et faiblement plissé, à tectonique mourante, un autre système, antérieur à la Série de la Falémé, à tectonique intense et lui-même superposé au Birrimien.

En attendant la mise au point des détails, on pourrait déjà caractériser, lithologiquement parlant, la Série Intermédiaire de la Falémé comme un complexe jaspoïdo-gréseux, avec schistes peu métamorphiques et avec lentilles de conglomérat non-arkosique vers la base de l'ensemble.

Le trait saillant serait une sédimentation fine et régulière du système.

Le groupe venant au-dessous de la grande surface de séparation serait, par contre, dû à un cycle de dépôt grossier du type arénacé (grès et quartzites feldspathiques ou arkosiques avec passages aux conglomérats-brèches, l'ensemble étant moyennement à fortement dynamométamorphisé sur des étendues considérables).

Ce dernier groupe peut être assimilé, sans crainte d'erreur grossière, au Tarkwaïen de la Haute-Volta ou de la Côte d'Ivoire ou bien recevoir un nom régional. La toute récente découverte par l'auteur d'une bande de grès feldspathiques graveleux fortement plissés confirme cette idée. Elle affleure dans le lit de la Falémé, près du village de Dabola (Cercle de Kédougou), et est en tous points semblable aux roches typiques du groupe du Banket de la Haute-Volta.

La position de la bande au milieu du Birrimien fait en outre ressortir l'importance grandissante du synclinal tarkwaïen de Kédougou, actuellement

trés érodé, puisqu'elle en établit le prolongement vers le Nord-Est à une centaine de kilomètres de la région de Sangola-Attaki où je l'avais observé pour la première fois.

PÉDOLOGIE. — *Sur la genèse des sols du Lubilash de l'Afrique Équatoriale.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Raoul Combes.

Deux missions d'études pédologiques, effectuées en 1947 et 1948, m'ont permis de traverser une grande partie des formations géologiques d'A. E. F. que l'on attribue au Lubilash. Cette formation, extrêmement étendue, et puissante de plusieurs centaines de mètres, forme autour de la cuvette centrale congolaise une large bande qui sépare les terrains quaternaires du socle cristallin. Elle est composée essentiellement de sables et de grès, généralement blancs ou gris, souvent légèrement kaoliniques. Les assises sont pratiquement horizontales, mais montrent fréquemment une stratification entrecroisée.

Les sols de végétation qui recouvrent les formations du Lubilash présentent en beaucoup d'endroits, et surtout sur les surfaces planes des plateaux, une teinte noire qui les fait ressembler à des tchernoziomes. Le sous-sol, par contre, est toujours de couleur brune ou ocre et présente cette teinte, uniformément, sur plusieurs mètres d'épaisseur. L'examen minéralogique montre que la plupart de ces sols dérivent directement du Lubilash, et ne doivent leur couleur qu'à une proportion relativement faible d'humus et d'hydroxydes de fer qui enveloppent les grains de quartz et teintent la partie kaolinique. La manière d'être de l'humus et des hydroxydes de fer, ainsi que leur répartition dans les profils pédologiques, expliquent aisément le mécanisme de la genèse de ces sols, compte tenu des influences possibles de la couverture végétale.

Au point de vue phytogéographique, les formations du Lubilash sont recouvertes, soit par la prairie, soit par de la forêt plus ou moins dense, soit par une savane arborée. L'origine de ces différentes formations est très controversée. Les uns veulent y voir l'expression d'un « climax » variable dû aux différences des sols et des conditions écologiques, tandis que d'autres pensent que la savane arborée et la prairie ne représentent qu'un stade variable d'une dégradation de la forêt primaire ou secondaire, due à l'action de l'homme et des feux de brousse.

Je pense que l'observation pédologique permet aujourd'hui d'apporter dans ce débat des arguments décisifs pour attester l'origine secondaire de toutes ces formations, à quelques rares exceptions près. Il est, en effet, particulièrement remarquable que les sols qui portent les différentes formations végétales montrent toujours un sous-sol identique et qu'ils ne diffèrent entre eux que par une quantité plus ou moins grande d'humus, ainsi que par une variation de l'épaisseur de la couche humifère. Dans ces conditions, le sous-sol ocreux que

l'on trouve, sur des épaisseurs considérables, aussi bien sous la prairie, que sous la savane arborée, que sous les lambeaux forestiers plus ou moins étendus que renferment ces deux formations, que sous la forêt dense secondaire qui fait la jonction avec les massifs de forêt primaire, ne peut représenter autre chose, à mon avis, qu'un sol forestier brun rouge qui est l'équivalent génétique des argiles latéritiques que l'on rencontre sur les roches cristallines. La différence entre les sols du Lubilash et les vieux sols latéritiques provenant des roches cristallines, dont l'origine essentiellement forestière est aujourd'hui unanimement admise à la suite des preuves que j'ai apportées en parlant des sols de Madagascar et du Soudan, est due au caractère minéralogique des roches mères et non au mode de genèse des sols.

J'en conclus que toute la zone des prairies et des savanes arborées du Lubilash d'A. E. F. qui participe encore aujourd'hui à un climat plus ou moins nettement équatorial, a été autrefois un paysage exclusivement forestier, peuplé d'une forêt du type ombrophile, et que les sols noirs qui ressemblent aux sols des steppes de Russie, d'Amérique ou des Indes, ne sont d'aucune façon des tchernoziomes. Ce ne sont que des sols forestiers bruns qui ont été enrichis en humus après la disparition de la forêt par l'accumulation des restes de la végétation herbacée, lequel phénomène a été accentué par le fait que le climat pédologique, devenu moins humide après la déforestation, a eu pour conséquence un ralentissement de la décomposition de l'humus. Il importe d'ailleurs de faire remarquer que la couleur noire de ces sols est souvent trompeuse et due à des matières charbonneuses laissées par le passage des feux. Mais ces pseudo-tchernoziomes ne possèdent aucune des caractéristiques essentielles des tchernoziomes classiques. Ce qui leur manque, surtout, c'est la concentration minérale dans les couches superficielles et la saturation des complexes absorbants.

Si l'observation pédologique des sols du Lubilash permet de dire, d'une manière générale, que la forêt disparue a appartenu au type de la sylve ombrophyle (Rain-forest, Regenwald), certaines autres observations, faites sur des emplacements plus limités, me conduisent à penser que ce même type de forêt a dû exister, sans variation essentielle, depuis le début du Quaternaire. Il est en effet frappant de constater que les terrasses fluviales ou lambeaux de terrasses que l'on rencontre jusqu'à l'altitude relative de 120 mètres montrent également et toujours, le même type de sol brun. En aucun endroit je n'ai jusqu'à présent pu observer la présence de concrétions ferrugineuses, de nodules ou de bancs d'alios (Ortstein) qui sont caractéristiques des sols de la forêt tropophile à climat alternant.

Il est bien entendu que les sols que nous rencontrons aujourd'hui sur les vieilles terrasses fluviales ne datent pas, nécessairement, de l'époque de la formation de ces terrasses, et que les vieux sols ont pu être érodés. Mais il me paraît intéressant d'attirer l'attention sur l'intérêt qu'il y a de rechercher les

paléo-sols sur les diverses terrasses que l'on rencontre dans le réseau hydrographique de la cuvette congolaise, à cause des témoignages, d'ordre paléogéographique, qu'ils sont susceptibles de nous apporter.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'une orthodiphénolase accompagnée d'un phénol dans l'Artichaut.* Note de Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Raoul Combes.

Il est bien connu maintenant que l'*o*-diphénolase est, parmi les diastases oxydantes, une des plus répandues dans le règne végétal, chez les Champignons en particulier. De récents travaux ont montré également sa présence chez les plantes supérieures : Thé (1), Topinambour (2), Pomme de terre (3), où elle serait accompagnée de substances phénoliques, dont l'oxydation diastasique à l'air produit le noircissement des tissus lésés.

On admet que l'*o*-diphénolase oxyde spécifiquement les *o*-diphénols tels que le pyrocatéchol, contrairement à la laccase qui peut s'en prendre à bien d'autres corps, l'hydroquinone ou la *p*-phénylènediamine par exemple. Vraisemblablement, dans le végétal, l'*o*-diphénolase doit être accompagnée d'un substrat phénolique, mais la mise en évidence et l'isolement de ce phénol sont difficiles à cause de sa faible concentration.

Or, pour cette étude, l'Artichaut (*Cinara scolymus*) s'est révélé matériel de choix, et il a été possible d'isoler, à partir des capitules, une *o*-diphénolase et un substrat possédant les caractères chimiques d'un *o*-diphénol.

o-diphénolase de l'Artichaut. — Cette oxydase a été préparée par la méthode classique de précipitation par l'acétone. On obtient un produit brun pulvérulent, peu soluble dans l'eau. Une suspension d'un poids déterminé de cette poudre (10^{mg} pour 3^{cm^3} d'une solution-tampon de phosphates) permet des expériences comparables.

De telles préparations oxydent bien le pyrocatéchol, très faiblement le paracrésol, mais ne touchent ni à l'hydroquinone, ni à la tyrosine, ni à la *p*-phénylène-diamine. Notons cependant que les macérations aqueuses des tissus frais oxydent facilement la *p*-phénylène-diamine ou le nadi (mélange de naphtol α et de diméthylparaphénylènediamine); mais cette propriété disparaît rapidement, en quelques jours, dès que la substance phénolique, oxydée en totalité et polymérisée sous une forme irréversible, sort de la chaîne des phénomènes d'oxydo-réduction. Ainsi, l'oxydation du nadi serait dans ce cas indirecte et due à l'action d'une *o*-quinone instable, formée à partir d'un *o*-diphénol grâce à l'enzyme.

(1) Sreerangachar, *Biochem. J.*, **37**, 1943, p. 656.
(2) H. Belval et G. Legrand, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 680.
(3) Szent-Gyorgyi, *Biochem. Z.*, **162**, 1925, p. 399.

Substance phénolique de l'Artichaut. — La présence d'un phénol est ici évidente. Il suffit de jeter dans l'eau bouillante quelques fragments du végétal, bractées ou pédoncule, pour obtenir une solution donnant avec le chlorure ferrique une belle coloration vert émeraude virant au rouge par addition de carbonate de soude. De même, avec l'acide sulfurique formolé et le bichromate de potassium on a des réactions analogues à celles que donne le pyrocatéchol. Si l'on fait agir la lessive de soude sur un extrait alcoolique on obtient également la réaction caractéristique des *o*-diphénols.

De macérations aqueuses concentrées on a pu extraire, par précipitation à l'acétate de plomb, centrifugation, décomposition du complexe au plomb, filtration, neutralisation, concentration dans le vide, une poudre jaune, amorphe, soluble dans l'eau en totalité. Cette solution, d'abord d'une belle couleur jaune clair, brunit à l'air au bout de quelques heures. Elle présente plus intensément que les macérations initiales les réactions caractéristiques des phénols citées plus haut. La dialyse est rapide et facile.

Mais la propriété la plus intéressante est incontestablement la suivante : une solution de cette substance phénolique absorbe l'oxygène en présence de l'*o*-diphénolase et se colore fortement. Voici la comparaison entre l'absorption d'oxygène par le pyrocatéchol et par le phénol de l'Artichaut en présence d'enzyme. Les mesures sont faites au manomètre de Warburg. On introduit dans la fiole 3^{cm^3} de la substance phénolique à la concentration de 1/1000 et 10^{mg} de poudre diastasique. Ainsi, la diastase est vraisemblablement en excès par rapport au substrat. Le pH est 6,8, la température 18°. Pour chaque mesure on réalise un témoin contenant, avec le phénol, la préparation enzymatique portée, au préalable, une minute à l'ébullition.

Le tableau suivant donne la quantité d'oxygène absorbé en millimètres cubes au bout d'un temps exprimé en minutes.

Temps.	Phénol d'Artichaut.	Pyrocatéchine.
3 minutes	39 mm³	73 mm³
8 »	65 »	88 »
13 »	85 »	91 »
18 »	96 »	91 »
23 »	99 »	
33 »	99 »	

L'oxydation de ces deux substances est donc très comparable, bien qu'au début la pyrocatéchine produise une absorption plus rapide.

Inutile de dire que la substance phénolique extraite de l'Artichaut, en présence de diastase, oxyde très bien le nadi et la *p*-phénylènediamine; ajoutée à un extrait vieilli, elle lui permet de recouvrer ses propriétés oxydantes vis-à-vis du nadi.

L'Artichaut contient donc, sans aucun doute, une *o*-diphénolase et une substance phénolique analogue au pyrocatéchol, jouant probablement un rôle dans le processus de la respiration des tissus.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les pigments de la graine d'Arachide. I. Mise en évidence d'un chromogène.* Note (*) de MM. **Francis Tayeau** et **Jack Masquelier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La pellicule qui recouvre la graine de l'Arachide doit sa coloration à la présence de divers pigments que nous avons pu isoler.

Deux de ces pigments peuvent être aisément mis en évidence en raison de leur solubilité dans l'acide chlorhydrique à 1 % ; les autres (un tannoïde et un phlobaphène) restent insolubles dans cette solution.

Les deux pigments extractibles par la solution chlorhydrique ayant épuisé les pellicules délipidées sont : l'un, un chromogène, l'autre, un dérivé flavonique; ce dernier peut être aisément éliminé de l'extrait chlorhydrique en raison de sa grande solubilité dans le chloroforme, solvant qui ne dissout pas le chromogène.

Le chromogène se présente sous la forme d'une poudre amorphe, rougeâtre, soluble dans l'eau.

Au cours de précédentes recherches, que nous avons publiées ici même ([1]), nous avions attribué à ce chromogène une structure hétérosidique. Pour conclure ainsi, nous nous étions appuyés sur les deux arguments suivants :

1° La solution chlorhydrique contenant le chromogène ne présente qu'un très léger pouvoir réducteur, mais celui-ci augmente considérablement après hydrolyse acide.

2° Si l'on favorise la dissolution de la substance dans l'eau par addition d'un alcali, on observe un virage du jaune pâle au rouge vineux; si l'on revient en milieu acide, la solution se trouble. Or, Robinson ([2]), qui signale ce fait, l'attribue à la perte d'un reste glucidique.

Nous avions ensuite étudié qualitativement et quantitativement la copule glucidique. Sachant que les oses rencontrés jusqu'ici dans les hétérosides anthocyaniques sont toujours le glucose, le galactose ou le rhamnose ([3]), nous avions préparé l'osazone de l'ose présent dans l'hétéroside et nous avions obtenu de la glucosazone exclusivement. Nous avions donc conclu que nous avions affaire à du glucose.

Enfin, nous avions admis que chaque molécule de l'hétéroside contenait une molécule de glucose (chiffre théorique : 48 % ; chiffre trouvé : 49 %).

Tous ces arguments nous avaient fait admettre que nous nous trouvions en présence d'un hétéroside, que nous avions même désigné sous le nom d'*arachidoside* ([1]).

(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 290.

([2]) *Biochem. Journ.*, **27**, 1933, p. 206.

([3]) Rabaté, *Journ. Ph. Ch.*, **17**, 1933, p. 433.

Certaines constatations ultérieures devaient cependant venir infirmer notre première conclusion et les résultats de nos nouvelles observations font l'objet de la présente Note.

La solution aqueuse du chromogène, traitée par l'acétate de plomb, donne un filtrat qui n'est pas réducteur, mais qui le devient après hydrolyse acide. De plus, le précipité plombique, mis en suspension dans l'eau et traité par l'hydrogène sulfuré, permet de récupérer le chromogène avec ses propriétés. La solution de ce chromogène ne manifeste aucun pouvoir réducteur, même après hydrolyse.

Donc, contrairement à ce que nous avions pensé auparavant, le chromogène ne présente pas la structure hétérosidique. Le glucide qui l'accompagne est en réalité du saccharose, ainsi que nous avons pu le vérifier ultérieurement. D'ailleurs, si l'on soumet à l'adsorption chromatographique (alumine) la solution chlorhydrique extractive, on sépare aisément le saccharose du chromogène.

La substance, nous l'avions déjà remarqué, existe sous deux formes : une forme non méthylée (I) et une forme monométhylée (II).

L'analyse élémentaire, les résultats de la fusion alcaline et les diverses propriétés du produit nous avaient amenés à proposer, pour ce que nous pensions être les deux aglycones, les formules suivantes ([1]) :

(I) (II)

A la suite de nouvelles recherches portant principalement sur la facile transformation du chromogène en cyanidol sous l'influence des déshydratants, nous avons été conduits à penser que le chromogène répondait plutôt à la formule ci-dessous (cas du dérivé non méthylé) (3) :

(III)

qui se montre davantage en accord avec les conceptions de Robinson ([2]) et qui approche de beaucoup plus près les résultats de l'analyse élémentaire.

Conclusion. — Parmi les pigments qui se trouvent dans le tégument de la graine d'Arachide, nous avons isolé un chromogène leuco-anthocyanique, dont nous pensons avoir fixé la constitution et auquel nous avions primitivement attribué à tort une structure hétérosidique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'étude biochimique comparée de quelques Oléacées.* Note (*) de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le présent travail a pour but de préciser la composition glucidique de quelques Oléacées et d'en extraire en particulier le mannitol et le syringoside. Ces deux substances ont déjà été rencontrées plusieurs fois dans cette famille : je les ai recherchées dans des plantes non encore examinées ou chez lesquelles leur présence était mal établie. Les genres *Fontanesia*, *Osmarea*, *Forestiera* n'avaient donné lieu jusqu'à maintenant à aucune étude biochimique.

J'ai épuisé le matériel d'étude sec par l'acétone dans un appareil de Soxhlet : le mannitol (ou le saccharose) cristallise dans la liqueur acétonique. L'extrait acétonique est repris par l'eau bouillante, puis déféqué totalement au sous-acétate de plomb (excès de plomb précipité par H_2S). La liqueur obtenue est distillée sous pression réduite; l'extrait résiduel est épuisé par l'ester acétique hydraté dans lequel le syringoside cristallise. Après purification convenable, le mannitol, le saccharose et le syringoside sont identifiés par leur point de fusion et celui du mélange avec des produits de référence; en outre, j'ai vérifié l'exaltation du pouvoir rotatoire du mannitol par le borate de sodium, l'hydrolyse du saccharose par l'invertine, les réactions de coloration du syringoside avec SO_4H_2 (bleu) et NO_3H (rouge).

Après séparation éventuelle du syringoside, l'extrait déféqué total récupéré est soumis à un essai biochimique suivant la méthode de Bourquelot; d'autres essais ont été effectués sur le matériel d'étude frais stabilisé et épuisé par l'eau bouillante.

Les plantes examinées sont les suivantes: *Fontanesia Fortunei* Carr., *F. phillyreoides* Labill.; *Fraxinus excelsior* L. var. *pendula* Ait.; *Forsythia suspensa* Vahl, *F. viridissima* Lindl.; *Syringa vulgaris* L., *S. persica* L., *S. amurensis* Rupr., *S. Emodii* Wall.; *Ligustrum vulgare* L., *L. lucidum* Ait., *L. ovalifolium* Hassk., *L. amurense* Carr.; *Phillyrea media* L., *P. decora* Boiss. et Bal., *P. angustifolia* L.; *Osmarea Burkwoodii* Burkwood; *Osmanthus Aquifolium* Benth. et Hook., *O. armatus* Diels; *Forestiera neo-mexicana* Gray,

(*) Séance du 9 août 1948.

F. acuminata Poir; *Chionanthus virginica* L., *C. retusa* Lindl.; *Jasminum fruticans* L., *J. Wallichianum* Lindl., *J. abyssinicum* R. Br. J'ai étudié séparément les écorces et feuilles de chacune d'elles, excepté les écorces des *Syringa* et *Ligustrum*, les feuilles des *Jasminum*.

Le mannitol a été isolé dans tous les cas étudiés, excepté les écorces des deux *Forsythia*, les écorces et les feuilles des deux *Fontanesia*. Cependant, chez les *Fontanesia*, des cristaux ont été observés, en quantité trop faible pour être identifiés. J'ai extrait également le mannitol des corolles de *Syringa vulgaris* et de sa var. *fl. albo*, des fleurs de *Ligustrum vulgare*, *Chionanthus virginica* *Jasminum fruticans*, mais non des fleurs des *Forsythia* et *Fontanesia*.

La saccharose a été isolée des feuilles de *Fontanesia Fortunei*, des écorces de *F. phillyreoides*, des écorces de *Fraxinus*, des feuilles de *Forsythia viridissima*. La méthode biochimique montre l'abondance de saccharose surtout dans les cas où le mannitol n'a pas été obtenu, ce qui fait apparaître une possibilité de remplacement de ces deux glucides, une analogie dans leur rôle.

Le syringoside a été isolé des deux *Fontanesia* (écorces), de *Phillyrea media* (écorces, feuilles), *P. decora* (feuilles), *P. angustifolia* (écorces), *Osmarea* (feuilles), des deux *Osmanthus* (écorces, feuilles), des deux *Forestiera* (écorces), de *Jasminum Wallichianum* et *J. abyssinicum* (écorces). Sa présence était déjà connue dans les écorces de *P. decora* et de *J. fruticans*. Les *Fraxinus*, *Forsythia* et *Chionanthus* n'ont pas fourni de syringoside; cependant, pour les écorces des *Forsythia*, la coloration caractéristique du syringoside avec SO_4H^2 a été observée, mêlée de rouge, sur les produits impurs obtenus. Seules, les feuilles persistantes ont permis l'obtention du syringoside, et en quantité plus faible que les écorces. Les feuilles caduques des *Fontanesia*, *Syringa*, *Ligustrum*, *Forestiera* ont fourni des extraits déféqués que SO_4H_2 colore en brun ou rouge sans teinte bleue sensible; ils donnent par la méthode biochimique des indices compris entre 130 et 388, donc très différents de celui du syringoside (570). Il semble que le syringoside, s'il existe dans ces feuilles, n'y représente qu'une faible partie des constituants hétérosidiques; il n'est pas seul non plus dans les écorces. Son dosage dans les différents organes des Lilas et Troënes effectué par Vintilesco (1) à l'aide de la méthode de Bourquelot paraît donc fort discutable.

Si la méthode biochimique a révélé la présence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine dans toutes les Oléacées examinées, les indices obtenus ne peuvent guère être interprétés utilement : ils correspondent à des mélanges d'hétérosides; dans le cas des liqueurs non déféquées, ils sont parfois faussés par des déviations anormales. Après émulsine, les aglycones libérés ont fait

(1) *Journ. Pharm. Chim.*, 24, 1906, p. 145.

apparaître une fluorescence bleue pour les écorces de *Fontanesia*, une odeur de composé aromatique dans d'autres cas (*Osmanthus*).

En résumé, le mannitol a été extrait de toutes les Oléacées étudiées (excepté les *Fontanesia*), et le syringoside de plusieurs genres et espèces.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le maintien d'une maladie à virus complexe dans des tissus de Tabac cultivés* in vitro. Note (*) de M[lle] **Hélène Augier de Montgremier**, MM. **Pierre Limasset** et **Georges Morel**, présentée par M. Joseph Magrou.

La plupart des virus qui causent les maladies des plantes s'inactivent très rapidement lorsqu'on cherche à les conserver en dehors de leur hôte normal. Leur activité *in vitro* ne se maintient que rarement au delà de quelques semaines. Pour les garder on est donc forcé de les inoculer périodiquement à des plantes saines maintenues en serre, de façon à les isoler de tout contact infectieux. Or il est bien difficile, même dans ces conditions, de se mettre à l'abri de toute contamination, soit par les insectes, soit au cours des manipulations culturales. De plus l'entretien d'une collection de virus nécessite un travail matériel considérable et beaucoup d'espace.

Pour remédier à ces inconvénients P. R. White (1) eut l'idée, dès 1934, de cultiver deux souches du Virus de la Mosaïque du Tabac sur des racines de Tomates cultivées *in vitro*. Il a constaté, pendant toute la durée de son expérience, soit pendant 30 semaines, que le virus se multipliait régulièrement dans les racines et conservait sa virulence. Malheureusement la culture des racines isolées est très délicate et l'entretien de souches de cultures de racines demande lui aussi un travail matériel important.

Plus récemment, Segrétain (2), (3), utilisant la technique de culture des tissus végétaux qui venait d'être mise au point par Gautheret, parvint le premier à cultiver des tissus de tige de Tabac infectés par le virus de la Mosaïque de cette plante. Il observa la prolifération du virus dans les tissus néoformés et réussit à inoculer la maladie à des cultures de tissus de Tabacs sains, mais il ne put obtenir la survie indéfinie de ses cultures, dont la durée ne fut ainsi que limitée.

Il était intéressant d'étendre ces expériences à d'autres Virus, c'est pourquoi nous avons entrepris des travaux analogues en nous intéressant non plus au seul Virus de la Mosaïque du Tabac, mais à un complexe de ce dernier et d'une souche attribuée au Virus I du Concombre. Ce complexe détermine chez le

(*) Séance du 13 septembre 1948.

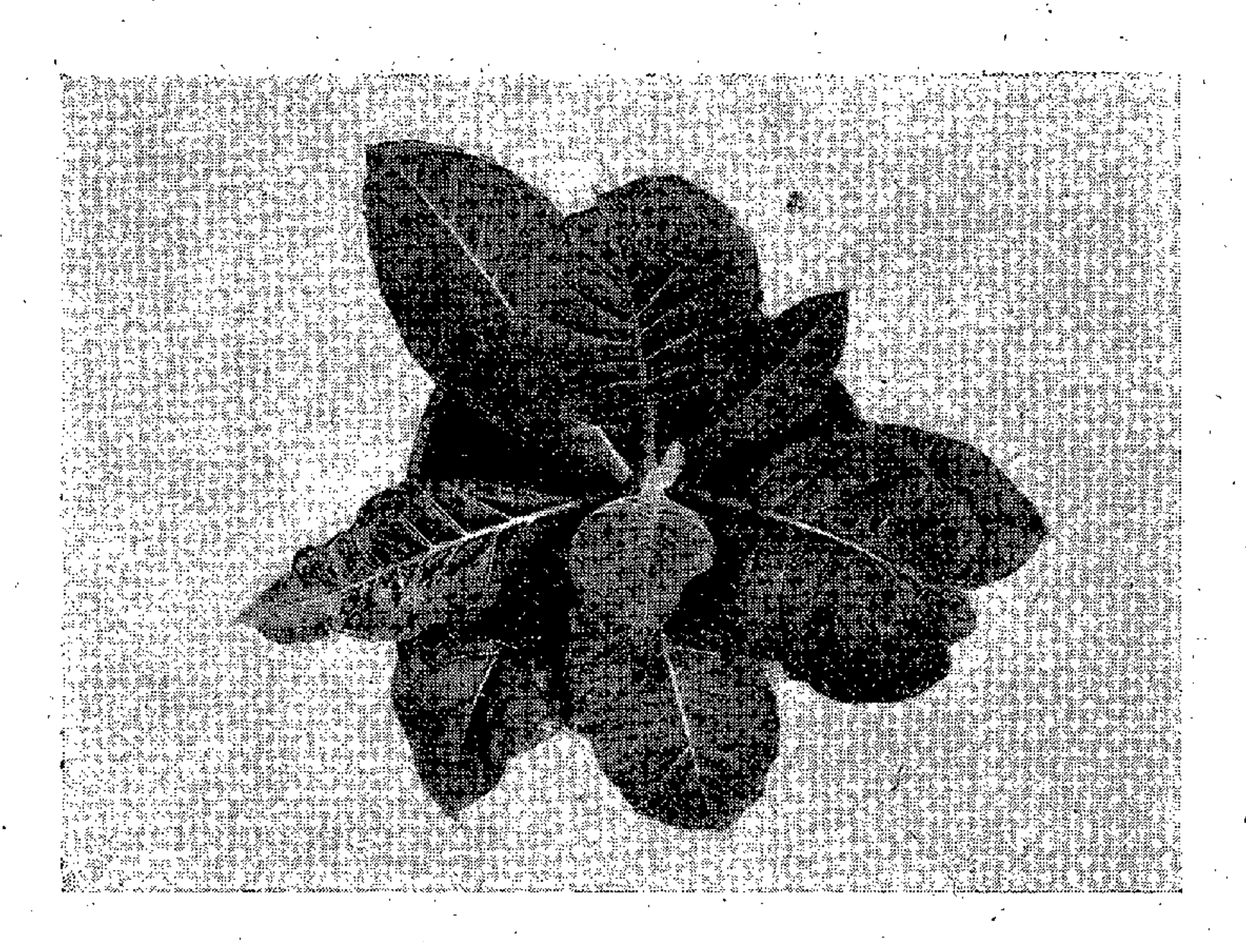
(1) *Phytopatholog.*, **24**, 1934, p. 1003-1011.

(2) *Ann. Institut Pasteur*, **24**, 69, 1943, p. 61;

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 594-595.

Tabac et la Tomate une maladie très grave caractérisée notamment par une déformation des feuilles qui peuvent, dans les cas extrêmes, prendre l'aspect de simple vrilles. L'un de nous a déjà proposé dans une courte Note une interprétation de ce phénomène ([4]).

Des fragments de tiges de Tabac infectés de la variété White Burley, mis en culture au mois d'octobre sur l'un des milieux imaginés par Gautheret, n'ont pas tardé à proliférer et au bout de deux mois ils produisirent des cals volumineux. Ces cals furent repiqués toujours sur le même milieu et la croissance se maintint régulière, quoique assez faible. La souche a été soumise à des repiquages successifs tous les deux mois pendant un an. Six Tabacs, au stade



quatre feuilles, ont alors été inoculés au moyen de jus obtenus par le broyage de trois cultures de tissus. Trois témoins de même âge furent inoculés avec de l'eau stérile. La quantité de jus virulent obtenu avec chaque culture était très faible ([5]) et c'est seulement 21 jours plus tard que la Mosaïque apparut d'une façon vraiment distincte. Elle atteignait toutes les plantes inoculées. Neuf jours plus tard, des déformations foliaires frappantes atteignaient deux Tabacs inoculés, attestant la présence chez ces derniers, du Virus I du Concombre (*fig.* 1); ainsi les deux Virus s'étaient conservés pendant plus d'un an dans les tissus cultivés *in vitro*.

Dans le but de vérifier que la virulence du Virus de la Mosaïque du Tabac ne s'était pas atténuée en culture, nous avons inoculé par friction dix feuilles

---

([4]) LIMASSET, *C. R. Acad. Agric.*, 22 novembre 1944.

([5]) Lorsque les contaminations sont réalisées d'une façon plus massive avec une quantité de jus plus importante, les symptômes apparaissent au bout d'une douzaine de jours seulement.

de *Nicotiana glutinosa*, à droite de la nervure principale, avec le virus ayant passé précédemment dans des tissus cultivés *in vitro*, et qui provenait de l'un de ces Tabacs ayant été inoculés; tandis que la partie gauche de ces mêmes feuilles était traitée avec un jus de Tabac infecté par le même Virus maintenu constamment sur des plantes entières. Cette inoculation a été faite dans des conditions identiques sur les deux parties de la feuille (jus prélevé sur des feuilles de même âge, même nombre de gouttes, même durée de friction).

Le nombre des lésions locales obtenu sur la partie droite était très notablement supérieur à celui fourni par la partie gauche : nous ne pouvons toutefois déduire de cet essai que la culture du Virus sur tissus ait augmenté son pouvoir d'invasion, en raison d'erreurs systématiques possibles. Les résultats obtenus nous permettent néanmoins d'estimer que le pouvoir d'invasion n'a pas été diminué.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du chrome dans les sols de France.*

Note (*) de Mlle **Reine Tinelli**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La présence constante du chrome chez les végétaux nous a incitée à rechercher et à doser cet élément dans les sols de différentes régions de France.

La présence de chrome a principalement été signalée dans les roches volcaniques et dans des sols formés à partir de serpentines et de roches ferromagnésiennes ([1]). C'est d'ailleurs à leur richesse anormale en chrome et en nickel, qu'on attribue l'aridité des sols de certaines régions des U. S. A. et de l'Amérique Centrale ([2]), ainsi que celle des sols latéritiques de Samoa ([3]).

A. J. van der Merwe et F. G. Anderssen ([4]) rapportent à l'excès de chrome du sol la fréquence d'une maladie du citronnier dans certains districts du Transvaal.

L. H. Rogers en collaboration avec O. E. Gall, L. W. Gaddum et R. M. Barnette ([5]), puis avec Carrigan ([6]), ont trouvé assez constamment, par les méthodes spectrographique et colorimétrique, du chrome dans les sols de la Floride; Annie M. M. Davidson et R. L. Mitchell ([7]) dans quelques sols

(*) Séance du 9 août 1948.

([1]) W. Thomas, *Soil Sc.*, 15, 1923, p. 1 à 18.

([2]) W. O. Robinson, G. Edgington et H. Byers, *Techn. Bull.*, 471, 1935 (Dep. Agr. Washington).

([3]) (Anonyme), *New Zealand-Dept. Sc. Ind. Research. Ann. Rept.*, 13, 1939, p. 59-60.

([4]) *Farm. Sud. Afriça*, 12, 1937, p. 439-440.

([5]) *Florida Stat. Bull.*, n° 341, 1939, p. 31.

([6]) R. A. Carrigan et L. H. Rogers, *Soil Science Soc. of Florida Proced.*, II, 1940, p. 92-100.

([7]) *J. Soc. Chem. Ind.*, 1940, p. 232.

d'Écosse. R. Herrmann et P. Lederle [8] ont analysé une soixantaine d'échantillons de sols et ont trouvé des teneurs en chrome comprises entre 73 et 130 mg/kg.

Nous avons utilisé pour doser le chrome, la méthode colorimétrique à la diphénylcarbazide avec séparation préalable des ions gênants par le cupferron, décrite par L. de Saint-Rat [9].

L'attaque et la solubilisation comportent cependant quelques modifications; la prise d'essai, 50 à 200^{mg} de terre, est prélevée sur un échantillon préalablement soigneusement tamisé et homogénéisé par broyage au mortier d'agate, puis séché à l'étuve à 100-105°.

Après fusion au mélange fondant dans un creuset de platine, le résidu, généralement coloré en bleu vert par les manganates alcalins, est repris par ClH et évaporé à sec au bain-marie, puis abandonné à l'étuve pendant 48 heures pour insolubiliser la silice. Après reprise par l'acide chlorhydrique, la silice est séparée par filtration. On la purifie par une nouvelle fusion au mélange alcalin ou au pyrosulfate de potassium.

Le chrome et le manganèse sont dosés colorimétriquement dans la solution privée de fer et de vanadium par le cupferron. Nous avons remarqué que le fer ne gêne la réaction de chrome avec la diphénylcarbazide qu'à partir de 100 γ. L'addition d'acide phosphorique, tout en stabilisant la coloration violette, ne permet pas d'éliminer totalement la coloration jaune parasite du complexe ferrique qui trouble le dosage à l'électrophotométrie.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu des résultats obtenus :

	Chrome en mg:kg de terre sèche.
A. *Bassin parisien.*	
a. Brie :	
Terre de culture (Lieusaint)	35,4
» de bruyère (Rambouillet)	27,2
b. Beauce :	
Sol de prairie (Versailles)	53,1
» argileux (bord du grand canal, Versailles)	78,6
» » , en friche depuis plusieurs années (Versailles)	60,2
» forestier » (»)	36,6
c. Vexin normand :	
Herbage de Pont-St-Pierre, en surface	42,8
» à 35^{cm} de profondeur	55,5

[8] *Bodenkunde und Pflanzenernähr*, **28**, 1942, p. 291-324.
[9] L. de Saint-Rat, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 150.

	Chrome en mg : kg de terre sèche.
A. *Bassin parisien* (suite).	
d. Plateau picard :	
Sol crayeux (Fourdrinon)	25,1
» calcaire (Blanzy-Trouville)	14
» argileux; argile à Silex (St-Aubin)	47
» silico argileux » (»)	9,7
» de Limons (Boves)	10,4
» d'herbillonnage, alluvions humifères (Rivery)	1,7
e. Auxerrois :	
Sol boisé, affleurement d'argiles à plicatules (env. de Sanilly).	–
» peu lessivé ($e = 7^{cm}$) débarrassé de terreau superficiel	56,3
» illuvial ($e = 35^{cm}$)	88,4
Roche mère, calcaire	86,6
B. *Plaine du Languedoc.*	
Garrigue de Nîmes (bois de Vaqueyrolle).	
Terre de garrigue, voisine des rendzines	13,17

Il ressort de notre travail qui, dans l'ensemble, a porté sur une cinquantaine d'échantillons de sols de différentes régions de France, que tous contiennent de petites quantités de chrome. La plus faible teneur a été trouvée dans un sol alluvial humifère, les plus fortes dans des sols argileux.

MICROBIOLOGIE. — *La Q fever existe en Turquie. Son étude expérimentale.* Note (*) de MM. **Sait Bilal** et **Sabahattin Payzin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous connaissions déjà la Q fever des continents australien et nord-américain. C'est après cette guerre qu'on nous a démontré sa présence en Italie, en Corse, en Grèce [1], [2], [3], au Maroc [4], au Panama [5] et enfin

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) C. Frederick Robins and Charles A. Rogan, *The Amer. Jour. of Hygiene*, **44**, n° 1, 1946, p. 6.

(2) K. Imhaüser, *Zeitschrift f. Klin. Med.*, B., **142**, 1943, p. 486; cité dans *The Amer. Jour. of Hygiene*, **44**, n° 1, 1946, p. 110.

(3) *Amer. Jour. of. Hygiene*, **44**, n° 1, July-Sept.-Nov. 1946, p. 110.

(4) G. Blanc, Martin et Maurice, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1673.

(5) Gasnett Cheney and W. A. Geig, *The Amer. Jour. of Hygiene*, **44**, n° 1, 1946, p. 158.

en Suisse ([6]). Ces constatations nous ont incités à chercher la Q fever en Turquie ([7]).

Au printemps de l'année passée, le Professeur G. Blanc s'était arrêté pour une semaine à Ankara où il nous avait mis au courant de ses travaux sur cette question. En rentrant il a bien voulu nous envoyer une de ses souches qui nous a servi pour la préparation de nos antigènes et pour étudier nos souches nouvellement isolées par l'immunisation croisée. Le Professeur R. R. Parker, avec qui nous étions en relation étroite pendant nos recherches, nous a envoyé régulièrement de l'antigène pour pratiquer des sérodiagnostics et afin de lui comparer l'antigène que nous avons préparé nous-mêmes. Il a bien voulu étudier les souches de *R. burneti* isolées des sangs de malades, envoyés de différentes parties du pays.

Un des médecins de l'Hôpital Modèle d'Ankara était atteint le 8 février 1947 d'une maladie qui ressemblait à la Q fever. Toutes études cliniques et radiologiques étaient soigneusement faites, ce qui nous a aidés à poser le diagnostic rétrospectif. Le sérum du malade déviait le complément en présence de l'antigène du Rocky Mountain Laboratory au titre à 1/80. Ce même sérum examiné à Rocky Mountain Laboratory, avait fixé le complément au 1/128. C'était le premier cas de la Q fever diagnostiqué rétrospectivement au bout d'un an. Ce travail a intéressé certains chefs de clinique d'Ankara et d'Izmir ([8]). Ils nous ont envoyé régulièrement du sang défibriné et du sérum des malades suspects. Ces sangs étaient inoculés aux cobayes par la voie intrapéritonéale et les sérums étaient examinés par la méthode de déviation du complément.

Les cobayes réagissaient aux inoculations de sang infecté par une élévation de température allant jusqu'à 41°,5 et plus. La période d'incubation peut être longue de 16 et même de 22 jours. Les infections inapparentes ne sont pas rares. Les cobayes saignés quelque temps après leurs guérisons font souvent une rechute.

Notre premier cas de Q fever diagnostiqué par l'inoculation aux cobayes, date du 22 février 1948. C'était une malade d'Ankara. Nous avons isolé, au total, 4 souches de *R. burneti*, à Ankara.

D'Izmir, nous avons isolé 11 souches de *R. burneti*. Tous ces cas provenaient de l'Hôpital des maladies contagieuses d'Izmir. La première souche de *R. burneti* est isolée le 13 avril 1948.

Le médecin de la Sous-Préfecture d'Aksaray (Préfecture de Konya), avait fait une infection qui était diagnostiquée comme la Q fever par l'Hôpital d'Ankara (et sérologiquement par notre Institut). Ce jeune médecin a bien

---

([6]) Otto Gsell, *Schweitz. Med. Wochenschr.*, B., 78, n° 1, 10 januar 1948, p. 1.

([7]) S. Payzin Vve S. Bilal, *Revue Turque d'Hygiène et de Biologie Expérimentale* (Ankara), 8, n° 1, 1948, p. 114.

([8]) L. S. Serinkan, *Acta Medica* (Izmir), 1, n° 4, juillet 1948, p. 135.

voulu nous envoyer régulièrement du sang et des sérums des malades suspects. Des sangs envoyés par lui, nous avons isolé 4 souches de *R. burneti*. Le premier des cas date du 14 mai 1948. Dans ce cas il s'agissait d'une femme qui devait mourir de l'infection.

Dernièrement, on nous a annoncé une épidémie dans le même village (Ozancik). De 10 sangs, 4 ont infecté le cobaye. Six des sérums ont dévié le complément. Dans ce village, nous avons décelé au total 8 cas de Q fever par l'inoculation aux cobayes. L'un de nous (S. Payzin) est parti pour enquêter sur place.

Quelques-unes de nos souches ont été envoyées à l'Institut Pasteur de Casablanca et à Rocky Mountain Laboratory (U. S. A.). Le professeur R. R. Parker a réussi à infecter le cobaye avec nos trois souches. D'après nous, c'est la rate desséchée qui convient le mieux pour les envois.

L'éruption cutanée est très rare dans la Q fever, nous l'avons cependant constatée chez trois malades.

Nous avons facilement adapté la souche marocaine de *R. burneti* à l'embryon de poulet et nous avons préparé un antigène, en vue du diagnostic sérologique par la méthode de déviation du complément. Cet antigène a été trouvé satisfaisant par Rocky Mountain Laboratory.

Notre antigène est envoyé régulièrement aux différents laboratoires du pays. Nous préparons également un antigène, en adaptant notre souche Ankara I. de *R. burneti* à l'embryon de poulet.

Nous avons aussi examiné 447 sérums de l'homme (malade ou normal), 81 de ceux-ci ont fixé le complément entre 1/10 à 1/320.

De 56 sérums d'animaux domestiques examinés, ceux de bovins et de buffle n'ont pas dévié le complément même au 1/10. Sept sérums de mouton et deux de chèvre ont fixé le complément entre 1/10 à 1/20.

La séance est levée à 15^h40^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de M. **Maurice Leriche**, Correspondant pour la Section de minéralogie, survenu à Monchy-Lagache (Somme), le 15 septembre 1948.

M. **Gabriel Bertrand** rend compte de la cérémonie qui a eu lieu à Stockholm le 20 septembre, à l'occasion du Centième anniversaire de la mort de Berzélius, et où il représentait l'Académie. Il dépose à cette occasion sur le Bureau un fascicule intitulé *Berzélius et Marcet*, scène historique, par Alexandre de Muralt.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Balme**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand, signale que la date du 10 octobre a été choisie pour les cérémonies commémoratives des expériences barométriques de **Blaise Pascal** qui doivent avoir lieu à Clermont-Ferrand et il invite l'Académie à s'y faire représenter.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Paul Fournier. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France.* Tome II.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations aux dérivés partielles et objets géométriques.* Note (*) de M. **Octavian Emil Gheorghiu**, transmise par M. Élie Cartan.

Une équation aux dérivées partielles du second ordre ou d'ordre supérieur, avant qu'on puisse lui associer une géométrie, fournit un certain nombre d'objets

(*) Séance du 18 août 1948.

géométriques qui s'expriment par les coefficients d'une connexion linéaire générale et apparaissent avec la transcription de l'équation sous forme invariante.

Pour l'équation aux dérivées partielles linéaire du second ordre MM N Théodoresco [1] et A. Maxia [2], et celle du troisième ordre, M. N. Théodoresco [3], ont mis en évidence ces objets géométriques dans l'hypothèse que la fonction $f(x^1, \ldots, x^n)$, ainsi que le premier membre de l'équation $\theta(f)$, sont invariants par le pseudo-groupe des transformations régulières des coordonnées.

Nous montrerons les objets géométriques qui s'associent à une équation aux dérivées partielles linéaire du second ordre

$$\theta(f) \equiv b^{ij}\frac{\partial^2 f}{\partial x^i\,\partial x^j} + c^i\frac{\partial f}{\partial x^i} + af = 0, \tag{1}$$

dans l'hypothèse

$$\bar{x}^\alpha = \bar{x}^\alpha(x^1, \ldots, x^n), \quad \text{avec} \quad \Delta = \left|\frac{\partial(\bar{x})}{\partial(x)}\right| \neq 0, \tag{2}$$

les relations

$$\begin{cases} \bar{f}(\bar{x}) = f(x).\Delta^p, \\ \bar{\theta}(\bar{f}) = \theta(f).\Delta^p, \end{cases} \tag{3}$$

mettent en évidence les pseudo-invariants de poids $p \neq 0$.

Ayant appliqué les transformations régulières (2) à (1), les b^{ij}, c^i et a se changent en

$$\bar{b}^{\alpha\beta} = b^{ij}\frac{\partial \bar{x}^\alpha}{\partial x^i}\frac{\partial \bar{x}^\beta}{\partial x^j}, \quad \text{(tenseur symétrique du second ordre)}, \tag{4}$$

$$\bar{c}^\alpha = c^i\frac{\partial \bar{x}^\alpha}{\partial x^i} + b^{ij}\frac{\partial^2 \bar{x}^\alpha}{\partial x^i\,\partial x^j} - pb^{ij}\left(\frac{\partial \log\Delta}{\partial x^i}\frac{\partial \bar{x}^\alpha}{\partial x^j} + \frac{\partial \log\Delta}{\partial x^j}\frac{\partial \bar{x}^\alpha}{\partial x^i}\right), \tag{5}$$

$$\bar{a} = a - pc^i\frac{\partial \log\Delta}{\partial x^i} + p^2 b^{ij}\frac{\partial \log\Delta}{\partial x^i}\frac{\partial \log\Delta}{\partial x^j} - pb^{ij}\frac{\partial^2 \log\Delta}{\partial x^i\,\partial x^j}. \tag{6}$$

Modifiant $\theta(f)$ afin qu'elle devienne une somme de pseudo-invariants de poids p, les coefficients remplacés par un invariant et un vecteur absolus, et les dérivées partielles par des dérivées covariantes, on arrive d'après (2), aux relations

$$A = a - pc^i F_i + p^2 b^{ij}\Phi_{ij} - pb^{ij}\Psi_{ij}, \tag{7}$$

$$a^i = c^i + b^{rs}\Gamma^i_{rs} - pb^{jk}E^i_{jk}, \tag{8}$$

---

(1) *Bull. math. de la Soc. Roum. Sc.*, **41**, fasc. 2, 1939. p. 101-109; **42**, fasc. 1, 1948, p. 79-89; **43**, fasc. 1-2, 1941, p. 59-68; **44**, fasc. 1-2, 1942, p. 71-84.

(2) *Atti Acc. Naz. Lincei*, **1**, fasc. 8, 1946, p. 169-174.

(3) *Disquisitiones math. et phys.*, IV, fasc. 1-4, 1945, p. 105-116.

où $\overline{A} = A$ et $\overline{a}^\alpha = a^i(\partial\overline{x}^\alpha/\partial x^i)$. Les fonctions inconnues F_i, Φ_{ij}, ψ_{ij}, Γ^i_{rs}, E^i_{jk} doivent se transformer alors respectivement en

(9) $$F_i = \overline{F}_\alpha \frac{\partial\overline{x}^\alpha}{\partial x^i} + \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^i},$$

(10) $$\Phi_{ij} = \overline{\Phi}_{\alpha\beta} \frac{\partial\overline{x}^\alpha}{\partial x^i}\frac{\partial\overline{x}^\beta}{\partial x^j} + \overline{F}_\alpha \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^j}\frac{\partial\overline{x}^\alpha}{\partial x^i} + \overline{F}_\alpha \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^i}\frac{\partial\overline{x}^\alpha}{\partial x^j} + \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^i}\frac{\partial \log \Delta}{\partial x^j},$$

(11) $$\Psi_{ij} = \overline{\Psi}_{\alpha\beta} \frac{\partial\overline{x}^\alpha}{\partial x^i}\frac{\partial\overline{x}^\beta}{\partial x^j} + \overline{F}_\alpha \frac{\partial^2\overline{x}^\alpha}{\partial x^i \partial x^j} + \frac{\partial^2 \log \Delta}{\partial x^i \partial x^j},$$

(12) $$\Gamma^i_{rs} = \overline{\Gamma}^\alpha_{\beta\gamma} \frac{\partial x^i}{\partial\overline{x}^\alpha}\frac{\partial\overline{x}^\beta}{\partial x^r}\frac{\partial\overline{x}^\gamma}{\partial x^s} + \frac{\partial^2\overline{x}^\alpha}{\partial x^r \partial x^s}\frac{\partial x^i}{\partial\overline{x}^\alpha},$$

(13) $$E^i_{jk} = \overline{E}^\alpha_{\beta\gamma} \frac{\partial x^i}{\partial\overline{x}^\alpha}\frac{\partial\overline{x}^\beta}{\partial x^j}\frac{\partial\overline{x}^\gamma}{\partial x^k} + \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^j}\delta^i_k + \frac{\partial \log \Delta}{\partial x^k}\delta^i_j.$$

On observe que seuls F_i, Γ^i_{rs}, E^i_{jk} sont des objets géométriques. Ayant pris Γ^i_{rs} comme coefficient de connexion linéaire, tous les autres objets géométriques et grandeurs s'expriment alors par l'objet géométrique obtenu par contraction Γ^i_{is} et avec des vecteurs respectivement tenseurs arbitraires. On a

(9′) $F_i = \Gamma^r_{ri} + U_i$ (U_i, vecteur arbitraire),

(10′) $\Phi_{ij} = (\Gamma^r_{ri} + U_i)(\Gamma^i_{ij} + U_j) + V_{ij}$ (V_{ij}, tenseur arbitraire),

(11′) $\Psi_{ij} = \frac{\partial}{\partial x^j}(\Gamma^r_{ri} + U_i) + W_{ij}$ (W_{ij}, tenseur arbitraire),

(13′) $E^i_{jk} = \Gamma^r_{rj}\delta^i_k + \Gamma^r_{rk}\delta^i_j + U_j\delta^i_k + U_k\delta^i_j + H^i_{jk}$ (H^i_{jk}, tenseur arbitraire),

ce qui nous autorise à dire que F_i et E_{jk} sont, d'après la définition de MM. Schouten et van Danzig, comitants.

Dans l'hypothèse que tous les vecteurs et tenseurs arbitraires sont nuls, $\theta(f)$ se transcrit alors sous la forme invariante

(1′) $$\theta(f) \equiv b^{ij}\nabla_j\nabla_i f + c^i\nabla_i f + Af,$$

en accord avec les conditions (3).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certains ensembles définis pour les fonctions méromorphes.* Note de M. **E. F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. Considérons une fonction $f(z)$ méromorphe et non rationnelle dans le domaine $|z| < R \leq \infty$ et un nombre complexe a quelconque, fini ou infini. $\sigma > 0$ étant donné et $a \neq \infty$, l'inégalité $|f(z) - a| < \sigma$ définit un ensemble fini ou infini de domaines connexes distincts dans $|z| < R \leq \infty$. Nous désignerons un domaine type de cet ensemble par $G(a, \sigma) = G(1/(f - a), \sigma)$. Pour $a = \infty$

l'inégalité $|1/f(z)| < \sigma$ définit l'ensemble des domaines $G(\infty, \sigma) = G(f, \sigma)$. Un domaine $G(a, \sigma)$ est dit *borné* si son adhérence est contenue dans $|z| < R$, dans le cas contraire il est dit *non borné*. Dans le cas $R = \infty$ un $G(a, \sigma)$ *borné* est intérieur à un cercle de rayon fini. La frontière d'un $G(a, \sigma)$ *borné* est faite d'un nombre fini de courbes de niveau fermées contenues dans $|z| < R$ et sur lesquelles $|f(z) - a| = \sigma$ [ou $1/|f(z)| = \sigma$ pour $a = \infty$]. La frontière d'un $G(a, \sigma)$ *non borné* contient des points de $|z| = R$ où le point $z = \infty$. Un $G(a, \sigma)$ *borné* peut être simplement ou multiplement connexe.

S'il existe des domaines $G(a, \sigma)$ rencontrant le cercle $|z| = r < R_1$ ils sont en nombre fini. Nous appellerons $\lambda(r)$ ce nombre qui est fonction de r et $G_\nu(r, a, \sigma)[\nu \leqq \lambda(r)]$ les domaines considérés. De plus nous appellerons $p_\nu(r, a, \sigma)$ la valence de $f(z)$ dans le domaine $G_\nu(r, a, \sigma)$. Si $G_\nu(r, a, \sigma)$ est *borné*, $p_\nu(r, a, \sigma)$ est finie, sinon elle peut être infinie.

Ces définitions subsistent lorsque σ est remplacé par une fonction uniforme $\sigma(r)$ définie sur l'intervalle $0 \leqq r < R$ et n'ayant que des discontinuités ordinaires isolées. Nous introduirons ainsi $G(a, \sigma(r))$, $G_\nu(r, a, \sigma(r))$ $[\nu \leqq \lambda(r)]$ et $p_\nu(r, a, \sigma(r))$.

Nous appellerons *niveau* la fonction $\sigma(r)$ (qui peut avoir une valeur constante σ). Nous lui associerons une *valence* relative à $f(z)$ et à la valeur a, définie par l'équation

$$P(r, a, \sigma(r)) = \max_{\nu \leqq \sigma(r)} p_\nu(r, a, \sigma(r)).$$

Si pour r donné l'inégalité $|f(z) - a| \geqq \sigma(r)$, ou $|1/f(z)| \geqq \sigma(r)$ pour $a = \infty$, est satisfaite pour tous les points de $|z| = r$ nous dirons que $\sigma(r)$ est un *niveau nul* relativement à $f(z)$ et a; et nous écrirons $P(r, a, \sigma(r)) = 0$. De plus, pour une valeur donnée r, $\sigma(r)$ est un *niveau fermé* relativement à $f(z)$ et à a, lorsque tous les $G_\nu(r, a, \sigma(r))$, s'ils existent, sont *bornés*; sinon ce sera un *niveau ouvert*. $P(r, a, \sigma(r))$ est finie si $\sigma(r)$ est un niveau fermé relativement à $f(z)$ et a, sinon il peut être infini.

2. Étant donnés la fonction $f(z)$, le nombre a et le niveau $\sigma(r)$, qui peut être une constante σ, nous définirons certains ensembles de valeurs de r dans l'intervalle $0 \leqq r < R$. Soit $p(r)$ une fonction uniforme qui peut être une constante finie $p \geqq 0$, n'ayant que des discontinuités ordinaires isolées et satisfaisant à $0 \leqq p(r) < \infty$ dans $0 \leqq r < R$. Alors

$$V[a, \sigma(r), p(r)] = V\left[\frac{1}{f - a}, \sigma(r), p(r)\right]$$

(ou $V[f, \sigma(r), p(r)]$ si $a = \infty$) sera l'ensemble pour lequel $P[r, a, \sigma(r)] \leqq p(r)$; et

(1) $$E[a, \sigma(r), p(r)] \subseteq V[a, \sigma(r), p(r)]$$

sera l'ensemble des valeurs $r \in V[a, \sigma(r), p(r)]$ pour lesquelles $\sigma(r)$ est un niveau nul ou fermé relativement à $f(z)$ et a. Ainsi, en particulier, $E[a, \sigma(r), 0] = V[a, \sigma(r), 0]$.

D'autre part $\mathcal{V}[a, \sigma(r)] = \sum_{q=0}^{\infty} V[a, \sigma(r), q]$ sera l'ensemble des valeurs de r pour lesquelles $P[r, a, \sigma(r)] < \infty$.

De même,

$$\mathcal{E}[a, \sigma(r)] = \sum_{q=0}^{\infty} E[a, \sigma(r), q] \subseteq \mathcal{V}[a, \sigma(r)] \tag{2}$$

est l'ensemble des r pour lesquels $\sigma(r)$ est un niveau nul ou fermé relativement à $f(z)$ et a.

Les ensembles complémentaires relativement à l'intervalle $0 \leq r < R$ seront désignés par $\mathcal{C}V[a, \sigma(r), p(r)]$, $\mathcal{C}\mathcal{V}(a, \sigma(r)]$, $\mathcal{C}E[a, \sigma(r), p(r)]$ et $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$.

Si $0 < \sigma_1(r) \leq \sigma(r)$ et $0 \leq p(r) \leq p_1(r) < \infty$, on a évidemment

$$V[a, \sigma)r), p(r)] \subseteq V[a, \sigma_1(r), p_1(r)] \tag{3}$$

et

$$E[a, \sigma(r), p(r)] \subseteq E(a, \sigma_1(r), p_1(r)]. \tag{4}$$

Lorsque $\sigma(r)$ est une fonction constante ou non décroissante $\mathcal{C}\mathcal{V}[a, \sigma(r)]$ est vide dès que R est un point limite de $\mathcal{V}[a, \sigma(r)]$; et $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$ est vide dès que R est un point limite de $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$. Mais lorsque $\sigma(r)$ n'est pas constante et est non croissante, R peut être à la fois point limite de tous les ensembles $\mathcal{V}[a, \sigma(r)]$, $\mathcal{C}\mathcal{V}[a, \sigma(r)]$, $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$ et $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$.

3. Dans le cas parabolique $R = \infty$ nous pouvons établir des relations complémentaires de (1) et (2). Elles résultent du lemme suivant dû à M. Iversen [1].

Si $f(z)$ est méromorphe dans $|z| < \infty$ et de valence finie dans un domaine $G(a, \sigma)$ *non borné; pour tout $\sigma_1 < \sigma$, les domaines* $G(a, \sigma_1)$ *contenus dans* $G(a, \sigma)$ *sont en nombre fini et tous bornés.*

Il s'ensuit que pour $r \in V[a, \sigma(r), p(r)]$ et $k > 1$ tout $G[a, \sigma(r), p(r)]$ borné ou non, ne contient que des domaines $G[a, \sigma(r)/k]$ bornés. D'où

$$V[a, \sigma(r), p(r)] \subseteq E\left[a, \frac{\sigma(r)}{k}, p(r)\right]. \tag{5}$$

La fonction $P[r, a, \sigma(r)]$ et les séries que nous avons introduites ici ont des applications dans la théorie des valeurs exceptionnelles.

---

[1] F. Iversen, *Zum Verhalten*, etc. (*Öfv. af Finska Vet Soc. Forh.*, LXIV, Afd. A., n° 4, 1921, p. 5).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques généralisations d'un théorème de S. Bernstein sur la dérivée d'un polynome trigonométrique.* Note de M. **Ralph P. Boas**, présentée par M. Paul Montel.

On doit à S. B. Stetchkine [1] la généralisation suivante d'une inégalité classique de S. Bernstein.

Théorème I. — *Soit* $T_R(x)$ *un polynome trigonométrique de degré* R; *si* $0<\delta<\pi/R$, *on a* $|T'_R(x)|\leqq(1/2)R \operatorname{cosec} \delta R . \sup_x |T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)|$.

Une inégalité analogue a lieu entre une dérivée d'ordre supérieur à 1 et la différence du même ordre. Ces résultats ont été étendus par S. Nikolsky [2] et S. Bernstein [3] aux fonctions entières de type exponentiel fini. Le but de cette Note est de signaler que le théorème I est une conséquence immédiate d'un théorème de P. Civin [4] et que l'extension aux fonctions entières se fait par un simple raisonnement supplémentaire.

Voici le théorème de Civin : *Soit*

$$f(x)=\int_{-R}^{R} e^{ixt}\,d\alpha(t), \tag{1}$$

où $\alpha(t)$ *désigne une fonction à variation bornée. Soit*

$$g(x)=\int_{-R}^{R} \mu(t)\, e^{ixt}\,d\alpha(t), \tag{2}$$

où $\mu(t)=\sum_{-\infty}^{\infty} c_k e^{\pi ik(t/R)}$, *avec*

$$(-1)^k c_k \geqq 0 \qquad (k=0, \pm 1, \pm 2, \ldots). \tag{3}$$

Sous ces hypothèses, $g(x)$ *vérifie l'inégalité*

$$|g(x)|\leqq \mu(R) \sup |f(x)|. \tag{4}$$

On voit facilement que le signe d'égalité a lieu si et seulement si

$$f(x)=a\cos(Rx+b).$$

Prenons $f(x)=T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)$ et $\mu(t)=[t/(2\sin\delta t)]$. Parce que, si $0<\delta<\pi/R$, $\mu(t)$ est une fonction paire, non négative et convexe dans (0, R), $(-1)^k c_k$ est bien non négatif et le théorème I se trouve établi. Le choix

---

[1] *Doklady Akad. Nauk S. S. S. R.*, 60, 1948, p. 1511.
[2] *Ibid.*, 60, 1948, p. 1507.
[3] *Ibid.*, 60, 1948, p. 1487.
[4] *Duke Math. J.*, 8, 1941, p. 656.

$\mu(t)=[t^r/(2\sin\delta t)^r]$ donne de même le théorème de Stetchkine sur les dérivées d'ordre r.

En faisant des hypothèses supplémentaires sur la fonction $\mu(t)$, on étend le théorème de Civin aux fonctions $f(x)$ de type exponentiel R, bornées sur l'axe réel. En effet, soit $f_\varepsilon(x)=f(x)(\sin\varepsilon x)/(\varepsilon x)$, $\varepsilon>0$. En vertu d'un théorème bien connu de Paley et Wiener [5], $f_\varepsilon(x)$ admet la représentation (1) avec $R+\varepsilon$ à la place de R. Définissons $g_\varepsilon(x)$ par analogie avec $g(x)$; si $\mu(t)$ jouit de la propriété (3) sur l'intervalle $(-R-\varepsilon, R+\varepsilon)$, on a

$$(5)\qquad |g_\varepsilon(x)|\leqq\mu(R+\varepsilon)\sup|f_\varepsilon(x)|\leqq\mu(R+\varepsilon)\sup|f(x)|.$$

Nos hypothèses impliquent la continuité de $\mu(t)$; donc, si $\lim\limits_{\varepsilon\to 0} g_\varepsilon(x)=g(x)$, $g(x)$ satisfait à l'inégalité (5). Dans le cas de Stetchkine-Nikolsky-Bernstein, on voit facilement que $\mu(t)$ satisfait à nos hypothèses supplémentaires. Le théorème I se trouve donc étendu aux fonctions entières $T_R(x)$ de type exponentiel R (R n'étant plus assujetti à la condition d'être entier).

Par un choix convenable de $\mu(t)$, on obtient beaucoup de théorèmes analogues; nous en signalons quelques exemples simples.

II. Soit $\mu(t)=\sin\delta t/\sin\varepsilon t$; on obtient

$$|T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)|\leqq(\sin\delta R/\sin\varepsilon R)\sup|T_R(x+\varepsilon)-T_R(x-\varepsilon)|,\qquad 0<\delta<\varepsilon<\frac{\pi}{R};$$

si l'on fait $\delta\to 0$, on retrouve le théorème I.

III. Soit $\mu(t)=2i\sin\delta t\, e^{(i\pi t/R)1/2}$; on obtient [6]

$$|T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)|\leqq 2\sin\delta R\sup|T_R(x)|,\qquad 0<\delta<\frac{1}{2}\frac{\pi}{R}.$$

IV. Soit $\mu(t)=(1/2)\sec\delta t$; on obtient

$$|T_R(x)|\leqq\frac{1}{2}\sec\delta R.\sup|T_R(x+\delta)+T_R(x-\delta)|,\qquad 0<\delta<\frac{1}{2}\frac{\pi}{R}.$$

V. Soit $0\leqq c<\frac{1}{2}R^{-1}\int_0^R\delta t\operatorname{cosec}\delta t\,dt$, $\mu(t)=\frac{1}{2}t\operatorname{cosec}\delta t-c$; on obtient l'énoncé suivant, qui se réduit au théorème I si $c=0$,

$$|T'_R(x)-c\{T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)\}|\leqq\left(\frac{1}{2}R\operatorname{cosec}\delta R-c\right)\sup|T_R(x+\delta)-T_R(x-\delta)|$$
$$0<\delta<\frac{\pi}{R}.$$

---

(5) *Fourier Transforms in the Complex Domain*, New York, 1934 p. 13.

(6) S. Bernstein, *loc. cit.*

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur une méthode utilisant le bassin électrique pour la détermination des racines d'une équation algébrique.* Note (*) de MM. **Lucien Malavard** et **Jean Tissot**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Dans une Note de 1888, Félix Lucas a donné le principe d'une résolution rhéoélectrique des équations algébriques à coefficients réels([1]). Soit $F(z)=0$ une telle équation de degré $\leqq n$; formons le polynome auxiliaire

$$f(z)=(z-\lambda_1)(z-\lambda_2)\ldots(z-\lambda_{n+1}),$$

où les λ sont réels inégaux choisis *ad libitum* et calculons les coefficients de la décomposition $F/f=\Sigma_k[\mu_k/(z-\lambda_k)]$, la fonction $G(z)=\Sigma_k\mu_k\log(z-\lambda_k)$ est le potentiel complexe de sources, d'intensités μ_k, placées sur l'axe réel du plan complexe z aux points λ_k. Les racines cherchées correspondent aux zéros de dG/dz, donc aux points nodaux de l'écoulement G. Pour obtenir expérimentalement G, Lucas propose de placer aux points λ des électrodes déversant des courants proportionnels aux μ dans un conducteur plan homogène. Les points nodaux du champ d'équipotentielles électriques seront les points racines de l'équation proposée.

2. Nous avons entrepris, depuis plusieurs mois, au Laboratoire analogique de l'O. N. E. R. A. et pour l'application à des questions de stabilité, l'étude systématique de la méthode pour préciser les meilleures conditions d'utilisation; nous avons été amenés à la modifier pour une expérimentation plus aisée, plus rapide et plus précise. Dans une communication orale au récent Congrès de Mécanique, M. A. Bloch ([2]) a décrit une application de la méthode de Lucas au cas d'une équation de degré 3. Il nous a paru dès lors intéressant de donner ici un aperçu de nos travaux, lesquels comportent des réalisations différentes.

3. *Méthode de Lucas.* — Nous l'avons appliquée dans un bassin dont l'un des bords rectilignes représente l'axe réel (réalisation qui, par symétrie, est réduite à un demi-plan). De fines tiges conductrices, servant d'électrodes, sont disposées le long de ce bord aux points choisis λ et débiteront des intensités électriques définies par les μ. S'il y a lieu, une autre grande électrode limite le bassin.

Il faut réduire au minimum les erreurs dues à la limitation du bassin, donc le prendre de grandes dimensions par rapport à la distance des λ extrêmes. Nos expériences (bassin de $1^m,5\times 2^m$) ont porté sur la résolution d'équations de degrés 4,5 et 9. Les électrodes (10) étaient équidistantes de 5^{cm} au milieu du

(*) Séance du 20 septembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 106, 1888, p. 645.

([2]) Londres, 10 septembre 1948.

grand côté; la technique de leur réalisation, du réglage des intensités et du tracé des équipotentielles est usuelle et nous résumons seulement quelques conclusions :

a. La précision sur la détermination des racines est meilleure lorsque les points nodaux qui les définissent sont voisins des électrodes; ces dernières sont placées une fois pour toutes dans le bassin, mais un changement d'échelle qui modifie leurs λ et aussi les μ peut être utilisé pour se placer dans les meilleures conditions possibles;

b. En particulier lorsque les racines sont très espacées, il est bon de les déterminer par groupes séparés en changeant d'échelle;

c. Le réglage des intensités est délicat et doit être précis, des variations de quelques millièmes sur ces intensités amènent des erreurs de plusieurs centièmes sur les racines;

d. Quand on n'a pas une certaine expérience, des contrôles sont nécessaires (et faciles) sur l'effet possible de la limitation du bassin, effet qui peut être important : dans un essai l'erreur sur un point nodal, pourtant pas très loin des électrodes, passait de quelques centièmes à 20 % pour une réduction de moitié des dimensions du bassin.

4. *Variantes.* — Le réglage précis des intensités μ_K est relativement difficile et long dès que les électrodes sont nombreuses (il y a interaction des réglages). De plus les effets de polarisation, plus difficiles à éviter avec de fines électrodes à densité de courant relativement forte, peuvent entraîner une légère dérive du champ avec le temps. Aussi avons-nous employé une autre image électrique en représentant au basssin non plus *la partie réelle* φ de la fonction G, mais *sa partie imaginaire* ψ (champ de tourbillons). La réalisation est la suivante : le bord rectiligne du bassin image de l'axe réel est recouvert de larges électrodes séparées par d'étroits intervalles isolants aux points λ_K et dont les différences de potentiel doivent être réglées proportionnellement aux μ_K; prenant par convention o pour potentiel de la première électrode $(-\infty, \lambda_1)$, les potentiels des suivantes seront respectivement définis par μ_1, $\mu_1+\mu_2$, $\mu_1+\mu_2+\mu_3$, ... (réduits à l'échelle habituelle 0-100 de nos montages). La détermination des points nodaux s'effectue par tracé des équipotentielles électriques (lignes ψ); en particulier, les racines réelles sont à l'aboutissement, sur les électrodes des lignes potentielles de même graduation.

Les avantages de cette seconde méthode sont notables : précision, facilité et rapidité d'un réglage qui reste tout à fait constant (en peu de minutes on règle aisément un grand nombre de potentiels avec une précision de 1/10000).

5. Pour éliminer tout à fait l'effet de limitation du bassin et être certain d'avoir toutes les racines dans le champ expérimental, nous avons enfin mis en service un bassin demi-circulaire, image, dans un plan Z, du précédent z, par une transformation inverse de Joukowsky. Les électrodes de z se retrouvent dans Z suivant la demi-circonférence frontière et les deux méthodes précédentes sont

applicables. Les déterminations sont très satisfaisantes, même pour des racines très espacées (1-500) et l'on obtient couramment une précision relative qui varie de 1/100 dans les cas les moins favorables à 1/1000.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la détermination de la distance géocentrique* ρ *des astéroïdes dans la méthode Lagrange-Andoyer.* Note (*) de M. **Benjamin de Jekhowsky**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Une étude approfondie d'après les données fournies par un assez grand nombre d'orbites d'astéroïdes que nous avons calculées montre qu'entre les quantités ρ et P qu'on est amené à déterminer en résolvant par approximations successives les deux équations simultanées, savoir :

$$r^2 = \rho^2 + 2S\rho + R^2, \qquad \rho = P + (Q + q\rho)r^{-3}, \tag{1}$$

il existe des relations simples susceptibles de donner, sans beaucoup de peine et d'une façon plus commode que la Table déjà existante ([1]) pour des valeurs de la quantité P ou de son logarithme [P] variant de [1,9995] à [0,3430], cas qui se sont présentés dans nos calculs, une valeur suffisamment approchée de la distance géocentrique ρ des astéroïdes en fonction de la quantité P, ou bien de la valeur de $[\rho]$ en fonction de [P].

En traitant par la méthode des moindres carrés les quatre-vingts équations, dont nous disposons, on trouve que la relation qui relie les deux quantités ci-dessus peut être mise sous la forme

$$[\rho] = (1{,}32 - 0{,}4[P])[P] - 0{,}0770, \tag{2}$$

soit simplement

$$\rho = 1{,}067P - 0{,}2192. \tag{3}$$

Connaissant une valeur suffisamment approchée de $[\rho]$, notre méthode, basée sur l'itération ([2]) et mise sous une forme simple et pratique, permet de trouver rapidement la valeur exacte de $[\rho]$.

En effet, avec la valeur de $[\rho]$ donnée par exemple par la formule (2), on calcule d'après (1) deux valeurs successives de $[\rho]$; puis on forme les différences premières avec leur rapport q_0 et l'on détermine q_1, q_2, q_3, ... par divisions successives d'après le Tableau ci-dessous.

$$\left\{\begin{array}{l} [\rho_0] : \Delta[\rho]_{1,0}, \\ [\rho_1] : \Delta[\rho]_{2,1}, \\ [\rho_2] \end{array}\right. \qquad q_0 = \frac{\Delta[\rho]_{1,0}}{\Delta[\rho]_{2,1}}, \qquad \begin{array}{l|l} \Delta[\rho]_{2,1} & q_0 \\ \hline & q_1 \;\big|\; q_0 \\ & \qquad q_2 \;\big|\; q_0 \\ & \qquad\qquad q_3 \quad \ldots\ldots \end{array} \tag{4}$$

(*) Séance du 20 septembre 1948.

([1]) H. Andoyer, *Cours de Mécanique céleste*, **1**, Paris, 1940.

([2]) *Journal des Observateurs*, **17**, n° 6, p. 82-85.

La valeur définitive de $[\rho]$ est donnée par la formule

$$[\rho] = [\rho_2] + \sum_1^n q_n. \qquad (5)$$

Prenons quelques exemples, dont les données n'ont pas servi à déduire les relations (2) et (3).

(384) *Burdigala.* $[P] = [0,2020864]$, $P = 1,5925$.

La formule (2) donne

$$[\rho_0] = (1,32 - 0,4[0,2020864])[0,2020864] - 0,0770 = [0,1734177].$$

Avec cette valeur de $[\rho]$ on trouve, d'après (1) et (4),

$$\begin{array}{ll} [\rho_0] = [0,1734177], & -4476, \\ [\rho_1] = [0,1729701], & -570, \\ [\rho_2] = [0,1729131]. & \end{array} \quad q_0 = 7,9, \quad \begin{array}{l} -570 \,|\, 7,9 \\ \quad -72 \,|\, 7,9 \\ \quad\quad -9 \,|\, 7,9 \\ \quad\quad\quad -1 \end{array}$$

de sorte que

$$[\rho] = [0,1729131] - 0,0000082 = [0,1729049].$$

Dans le même exemple, en partant de $P = 1,5925$, la formule (3) donne $\rho_0 = 1,4800$, soit $[\rho_0] = [0,1702617]$.

Les formules (1) et (4) donnent

$$\begin{array}{ll} [\rho_0] = [0,1702617], & +23047, \\ [\rho_1] = [0,1725664], & +2953, \\ [\rho_2] = [0,1728617], & \end{array} \quad q_0 = 7,8, \quad \begin{array}{l} +2953 \,|\, 7,8 \\ \quad +379 \,|\, 7,8 \\ \quad\quad +48 \,|\, 7,8 \\ \quad\quad\quad +6 \,|\, 7,8 \\ \quad\quad\quad\quad +1. \end{array}$$

et l'on déduit

$$[\rho] = [0,1728617] + 0,0000434 = [0,1729051].$$

Prenons encore l'exemple traité par H. Andoyer (*loc. cit.*, p. 153)

(79) *Eurynome.* $[P] = [0,07082]$.

D'après la formule (2) nous trouvons $[\rho_0] = [0,014476]$. Puis on a

$$\begin{array}{ll} [\rho_0] = [0,0144760], & -224, \\ [\rho_1] = [0,0144536], & -48, \\ [\rho_2] = [0,0144488], & \end{array} \quad q_0 = 4,7, \quad \begin{array}{l} -8 \,|\, 4,7 \\ \quad -10 \,|\, 4,7 \\ \quad\quad -2 \end{array}$$

d'où

$$[\rho] = [0,0144488] - 0,0000012 = [0,0144476].$$

Or, H. Andoyer trouve $[\rho] = [0,0144500]$ en complétant les deux dernières décimales par des zéros.

Notons que dans la Table d'Andoyer, après avoir calculé $\sigma = 0,9494$,

$p=0{,}8518$ et $m=1{,}0391$, on trouve comme valeur approchée $[\rho]=[0{,}0177805]$, une valeur moins précise que celle donnée par notre formule (2).

Ainsi l'on voit que le calcul des quantités σ, p et m de la Table en question peut être évité, et que sans passer par le calcul de la dérivée de $f(\rho)$, il suffit seulement de faire deux fois un calcul simple par les formules (1).

MAGNÉTISME. — *Champ magnétique produit par la rotation d'une masse gravitationnelle douée d'une charge électrique de volume.* Note (*) de M. **Constantin Sălceanu**, transmise par M. Aimé Cotton.

En supposant que le magnétisme terrestre est dû à la masse gravitationnelle en rotation, P. M. S. Blackett [1] donne la relation suivante qui relie les grandeurs magnétiques aux grandeurs gravitationnelles

$$\frac{P}{U}=\beta\frac{\sqrt{G}}{c},$$

P est le moment magnétique de la masse en rotation, U est le moment angulaire, G est la constante de la gravitation, c la vitesse de la lumière et β un coefficient de proportionnalité de l'ordre de l'unité.

St. Procopiu [2] par des considérations de dimensions trouve qu'on peut écrire aussi

$$\frac{P}{U}=\frac{Q}{M},$$

où Q est une quantité d'électricité prise en unités électromagnétiques et M une masse gravitationnelle.

La présente Note a pour but de donner une justification théorique de cette dernière relation. En admettant que la masse gravitationnelle en rotation a la forme d'une sphère on suppose que le champ magnétique de cette sphère est produit par la rotation de sa charge électrique de volume. On considère donc une charge élémentaire de volume, homogène, et l'on calcule le moment magnétique pour un anneau circulaire élementaire à section rectangulaire (dx, dy)

$$2\pi x\,dx\,dy\,\mu\nu\pi x^2,$$

où μ est la charge électrique moyenne en u. é. m. par unité de volume et ν la fréquence de rotation. En intégrant cette valeur élémentaire pour la sphère de rayon R on obtient

$$P=2\pi\mu\omega\int_0^R dy\int_0^{\sqrt{R^2-y^2}} x^3\,dx=\frac{\pi}{2}\mu\omega\left(\frac{8}{15}R^5\right).$$

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) *Nature*, **159**, 1947, p. 658.

(2) *Rev. St. Adamachi*, **34**, nos 1-2, janvier-juin, 1948, p. 73.

Si l'on introduit la valeur du volume de la sphère V, l'expression devient

$$P = \frac{\mu\omega}{2} V \frac{2}{3} R^2 = \frac{\omega}{5} QR^2,$$

où Q représente la charge de volume pour la sphère entière.

On écrit ensuite le moment de quantité de mouvement, pour le même anneau circulaire élémentaire

$$2\pi x\, dx\, dy\, \rho x^2 \omega,$$

où ρ est la densité de la sphère. Pour la sphère entière on obtient par intégration

$$U = \pi\rho\omega \left(\frac{8}{15} R^5\right).$$

En introduisant la valeur de la masse M de la sphère on obtient

$$U = \pi\omega \frac{3M}{4\pi R^3} \left(\frac{8}{15} R^5\right) = \frac{2}{5} MR^2 \omega.$$

Le rapport de ces deux quantités devient $P/U = [(1/2)(Q/M)]$, c'est-à-dire le rapport d'une quantité d'électricité et d'une masse matérielle multiplié par le coefficient 0,5.

On observe que le rapport des valeurs des deux moments élémentaires considérés plus haut est égal à $(1/2)(\mu/\rho)$, ce qui montre que la relation précédente s'explique pour un corps de révolution.

En l'appliquant dans le cas de la Terre, utilisant la valeur trouvée par Blackett: $P/U = 1,1.10^{-15}$ et prenant pour la masse de la Terre $M = 6.10^{27}$ g, on trouve pour la charge spatiale de la Terre : $Q = 1,32.10^{12}$ u. e. m. Comme le volume de la Terre est $1,08.10^{27}$ cm³, on trouve que la charge moyenne de la Terre par centimètre cube est de $1,2.10^{-14}$ u. e. m. et a la même valeur numérique à peu près que la charge superficielle de la Terre par centimètre carré. Il en résulte que la charge de volume de la Terre est 2.10^8 fois plus grande que sa charge superficielle. La rotation de cette charge de volume peut être responsable de l'existence du magnétisme terreste.

La valeur du rapport P/U de la formule de Blackett n'est pas du même ordre de grandeur dans le cas de l'électron tournant à cause de sa charge électrique énorme vis-à-vis de sa masse qui est petite. En quantifiant la valeur du moment magnétique de la masse en rotation de l'électron d'après la formule déduite plus haut, on obtient pour le spin de l'électron la valeur

$$P = \frac{h}{4\pi} \frac{e}{m},$$

qui est égale à celle du magnéton de Bohr.

L'énergie totale de la masse de l'électron tournant est $(2/5) m\omega^2 R^2$ et si nous quantifions le moment de la quantité de mouvement pour l'électron on obtient

$U = (h\nu/\omega)$. Le rapport du moment magnétique au moment de la quantité de mouvement pour l'électron devient alors : $P/U = (e/2m)$, c'est-à-dire égale à la moitié de la charge spécifique de l'électron. La relation déduite plus haut s'applique donc aussi dans le cas de l'électron tournant.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *De l'influence sur le rayonnement d'un champ magnétique homogène et longitudinal.* Note (*) de MM. **Félix Ehrenhaft** et **R. Herzog**, transmise par M. Aimé Cotton.

Si l'on avait jusqu'ici effectué des recherches sur l'influence sur des rayonnements de toutes sortes, de champs électriques et magnétiques homogènes et transversaux et de champs électriques homogènes et longitudinaux, par contre, *on n'avait guère poussé les recherches en ce qui concernait l'effet dû à des champs magnétiques homogènes et longitudinaux.* L'expérience ci-dessous a été suggérée par le fait, découvert par l'un de nous, que, dans les gaz, des particules soumises à l'action d'un champ magnétique *homogène* se déplacent dans la direction du champ d'un mouvement dont le sens change en même temps que celui du champ [1]. Dans un milieu résistant le mouvement de ces corps est uniforme, mais dans le vide le champ leur communiquerait une accélération, augmentant ainsi leur énergie. A titre de premier exemple nous décrirons ci-dessous les expériences montrant l'influence d'un champ magnétique homogène et longitudinal sur le rayonnement émanant d'un échantillon radioactif.

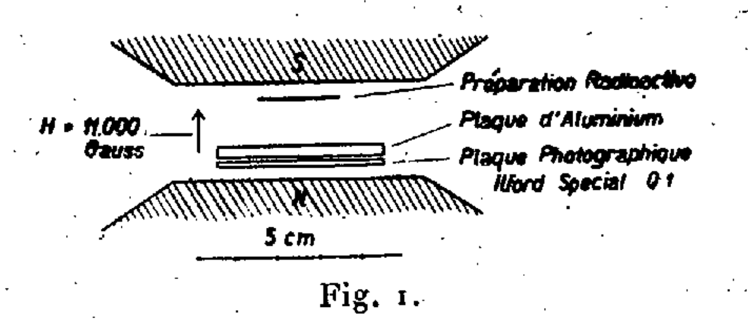


Fig. 1.

Lorsqu'on expose une plaque photographique au rayonnement d'une préparation β-radioactive, on obtient un noircissement dont l'intensité diminue avec l'épaisseur de l'absorbant interposé entre la plaque et la préparation ; pour des conditions d'expérience données, il existe une épaisseur limite de l'absorbant, pour laquelle on n'observe plus de noircissement de la plaque. Des expériences décrites ci-dessous il résulte que cette épaisseur limite s'accroît notablement lorsque préparation, absorbant et plaque sont placés dans un champ magnétique *homogène*, de telle sorte que les lignes de force soient perpendiculaires à l'ensemble (*fig.* 1).

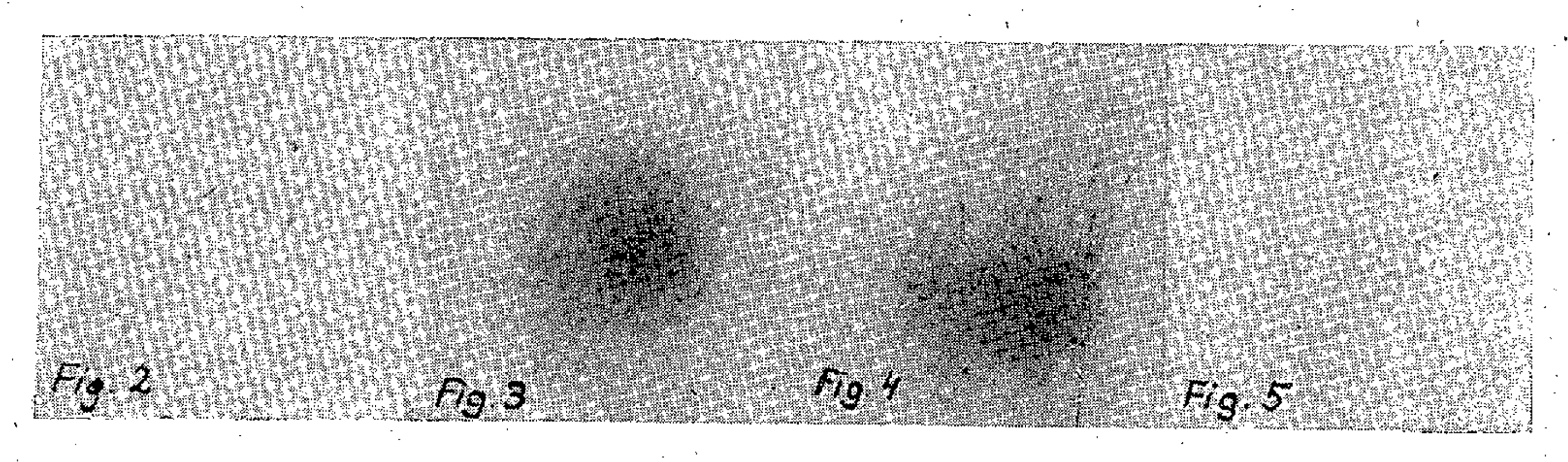
Comme source de rayonnement on a utilisé une préparation obtenue par électrolyse

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) F. Ehrenhaft, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 263 ; **222**, 1946, p. 1100-1346 ; **224**, 1947, p. 1151 ; **225**, 1947, p. 926 ; *Journ. Franklin Inst.*, **233**, 1942, p. 235.

d'une solution de Ra-D et consistant essentiellement en Ra-E [2]. Entre la préparation et la plaque l'inhomogénéité du champ ne dépassait pas 0,006. Une plaque d'aluminium servait d'absorbant.

Processus expérimental : Avec une préparation récente et en l'absence de champ magnétique on n'observe aucun noircissement (*fig.* 2) avec une plaque d'Al de $1^{mm},8$ (soit $0,48\,g/cm^2$). Après l'établissement du champ magnétique (pôle sud du côté de la préparation) on obtient encore un noircissement (*fig.* 3) avec une plaque d'Al de 3^{mm} (soit $0,81\,g/cm^2$). La photo suivante (*fig.* 4) montre un effet identique lors l'interversion des pôles. Après la suppression du champ on n'observe à nouveau plus de noircissement (*fig.* 5), ce qui prouve que l'effet observé n'est pas dû à des causes accidentelles. Les quatre photographies reproduites ont été prises l'une après l'autre avec la même préparation, chacune exposée 24 heures et toutes quatre développées simultanément.



L'explication des résultats expérimentaux n'est pas possible dans la représentation électronique actuelle, car la focalisation est insignifiante du fait que le diamètre de la préparation et son éloignement de la plaque photographique sont approximativement égaux. Compte tenu de l'homogénéité suffisante du champ, on ne peut non plus expliquer le phénomène en supposant qu'il s'agit de particules assimilables à des dipôles magnétiques; de plus la région d'intensité minimum du champ se trouvant à mi-chemin entre la préparation et la plaque, les gains ou pertes d'énergie d'un dipôle seraient compensés sur la deuxième partie de la trajectoire. On pourrait enfin expliquer le phénomène en suffisant que les propriétés absorbantes de l'aluminium sont considérablement modifiées par un champ magnétique longitudinal.

Si l'on rejette cette hypothèse qui ne repose sur rien, il ressort de ces expériences que nous sommes en présence d'un rayonnement dont l'énergie est notablement augmentée par un champ magnétique homogène et longitudinal [3]. S'il s'agit d'un rayonnement corpusculaire, on peut expliquer le résultat par le fait que l'on a pour les particules $\int \operatorname{div} B\, d\tau \gtrless 0$, hypothèse en accord avec les expériences sur la magnétophotophorèse, où cette propriété a déjà été mise en évidence pour des particules isolées visibles.

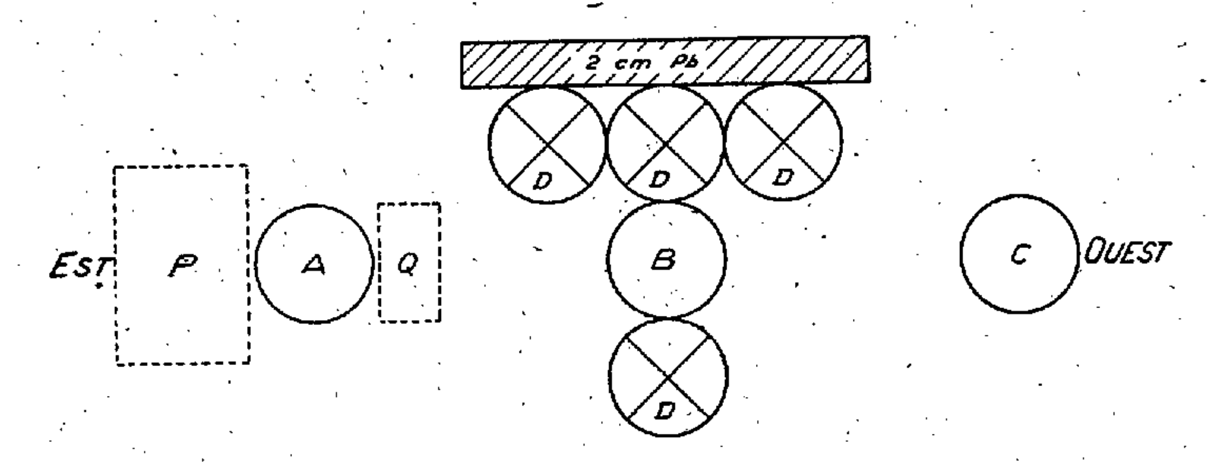
Ces expériences ont été exécutées à l'Institut de Physique (I.) de l'Université de Vienne. MM. M. Higatsberger, F. Vieböck et P. Weinzierl ont collaboré à ce travail.

([2]) M[me] Berta Karlik, de l'Institut Radiologique de Vienne, nous a procuré le Ra nécessaire et M. F. Hernegger a préparé le précipité radioactif.

([3]) F. Ehrenhaft, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 260.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur une composante neutre non gerbigène du rayonnement cosmique horizontal.* Note (*) de M. **Anatole Rogozinski**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Conditions expérimentales. — Une série d'expériences sur le rayonnement cosmique horizontal a été effectuée à l'aide du dispositif schématisé par la figure. Ce dispositif comprend essentiellement un télescope horizontal, constitué par trois compteurs A, B et C en coïncidence triple et par quatre compteurs D, connectés en parallèle et montés en anticoïndence avec les premiers compteurs. Le rôle des compteurs D est de protéger le télescope contre les gerbes latérales et de le rendre insensible aux particules horizontales accompagnées d'une gerbe; cette protection se trouve encore accrue par un écran permanent de 2^{cm} Pb, qui surmonte les compteurs D supérieurs. Une anticoïncidence ABC-D traduit ainsi, en principe, le passage à travers le télescope d'une particule horizontale isolée.



Les compteurs utilisés ont une paroi en laiton de 1^{mm} d'épaisseur et un diamètre intérieur de 48^{mm}. La longueur effective des compteurs A, B et C est de 250^{mm} et celle des compteurs D de 500^{mm}. Les axes des compteurs A et C sont distants de 300^{mm}.

Le télescope est dirigé d'Est en Ouest, mais les mesures ont porté surtout sur la direction Est, bien dégagée jusqu'à l'horizon. Des écrans de Pb, désignés par la suite par P et par Q respectivement, sont disposés à l'Est de A et entre A et B.

Résultats. — Les résultats obtenus sont réunis dans le Tableau, qui donne la fréquence (par heure) des anticoïncidences ABC-D, en fonction des épaisseurs de P et de Q. Signalons, en outre, que la fréquence des coïncidences ABC (les compteurs D déconnectés) est de 24 par heure, et qu'une mesure de contrôle avec les compteurs A, B et C *désalignés* ne donne qu'environ une coïncidence par heure pour ABC-D, alors que l'on en retrouve une vingtaine par heure pour ABC.

(*) Séance du 13 septembre 1948.

Discussion. — Remarquons d'abord que, tandis que P n'agit que sur la moitié des rayons qui actionnent le télescope, à savoir sur ceux venant de l'Est, Q agit sur les rayons venant aussi bien de l'Est que de l'Ouest. Ajoutons que l'écran Q n'influe sur la fréquence du télescope que dans la mesure où il absorbe la composante *ionisante* du rayonnement incident; les effets d'une composante neutre sur Q demeurent, en principe, sans influence sur cette fréquence.

Considérons à présent le cas $P = 0$. La forte absorption - de l'ordre de 50 % exercée sur la fréquence des coïncidences par $Q \geqq 2^{cm}$ Pb, montre que le rayonnement horizontal *ionisant* comprend une proportion considérable de particules de faible énergie, particules dont la nature n'est pas encore établie.

Le cas $Q = 0$ est tout différent. En effet, lorsque P varie ici de 2 à 15^{cm} Pb, la fréquence demeure sensiblement constante, alors qu'elle devrait diminuer d'au moins 25 %. Cet écart doit donc être attribué à un phénomène secondaire, qui peut s'expliquer, soit par l'intervention, après l'introduction de l'écran P, de rayons se propageant *en dehors* du faisceau incident défini par le télescope, soit par la création dans P d'un rayonnement secondaire ionisant, à partir d'une radiation neutre *contenue* dans le faisceau incident.

La première hypothèse pourrait être justifiée, soit par la dispersion (scattering), soit par la décomposition des mésons dans l'écran P. Or, des mesures de comparaison effectuées avec le même télescope, placé dans la position verticale, démontrent que l'importance du phénomène secondaire décrit est négligeable pour le faisceau vertical, d'où il résulte également que l'effet de la dispersion est beaucoup trop faible pour expliquer l'important écart observé. D'autre part, le calcul montre que le mécanisme de la décomposition ne rend compte que d'une faible fraction de cet écart.

Ainsi donc une composante *non ionisante* du rayonnement horizontal devrait être rendue responsable du rayonnement secondaire observé. Notons immédiatement que cette composante devant, de plus, être non gerbigène, ne saurait consister en photons; cela est confirmé également par la faible influence de P sur la fréquence des coïncidences.

Q (cm Pb). P (cm Pb)...	0.	2.	5.	10.	15.
0	8,24 ± 0,25	8,35 ± 0,30	8,50 ± 0,18	8,0 ± 0,24	8,03 ± 0,21
2	4,02 ± 0,21	4,90 ± 0,20	4,06 ± 0,18	4,34 ± 0,19	4,4 ± 0,24
5	3,46 ± 0,23		4,0 ± 0,3	3,4 ± 0,4	3,4 ± 0,3

Il résulte des valeurs obtenues, lorsqu'on fait intervenir simultanément les écrans P et Q : 1° que le rayonnement neutre présente une faible interaction avec le Pb et 2° que le rayonnement secondaire, dont le parcours semble être inférieur à 5^{cm} Pb, est beaucoup plus absorbable que le précédent. La première conclusion implique, en particulier, une proportion élevée de rayons neutres par rapport aux rayons ionisants dans le faisceau horizontal. D'autre part, il est vraisemblable que l'interaction du rayonnement neutre avec l'air est encore

plus faible qu'avec le Pb. Des mesures ultérieures, qui seront effectuées à des altitudes différentes, avec des écrans en matériaux de faible numéro atomique, permettront d'élucider cet important point.

Conclusions. — Les résultats préliminaires obtenus jusqu'ici conduisent à admettre, dans le rayonnement cosmique horizontal, l'existence d'une composante neutre non gerbigène, mais ils ne permettent pas encore de se prononcer sur la nature de celle-ci. Il peut s'agir ici, soit de neutrons provoquant l'émission de particules de grande énergie dans leur interaction avec les noyaux de l'écran P, soit, plus vraisemblablement, de mésons neutres (neutrettos) se transformant en mésons chargés, ou provoquant des explosions nucléaires dans cet écran, soit enfin d'un rayonnement neutre primaire inconnu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les réactions entre gaz et le rôle catalytique de l'eau.* Note (*) de M. **Henri Dessens**, transmise par M. Charles Maurain.

La réaction de deux gaz, comme les gaz chlorhydrique et ammoniac, avec production d'un corps liquide ou solide, pose un problème qui ne semble guère avoir retenu l'attention des chimistes. Le resserrement des molécules qui correspond à un tel changement d'état devait intéresser les météorologistes, car il évoque la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique sur les noyaux de condensation de l'air.

J.-J. Trillat et M[lle] A. Lalœuf [1] ont étudié récemment des fumées de chlorure d'ammonium par diffraction et microscopie électroniques; les particules examinées sont solides et constituées par une agglomération sphéroïdale de très petits cristaux cubiques; les dimensions de la plupart des grains varient de $0^{\mu},09$ à $0^{\mu},3$, mais on rencontre quelques gros agglomérats isolés dont le diamètre peut être supérieur à 1^{μ}.

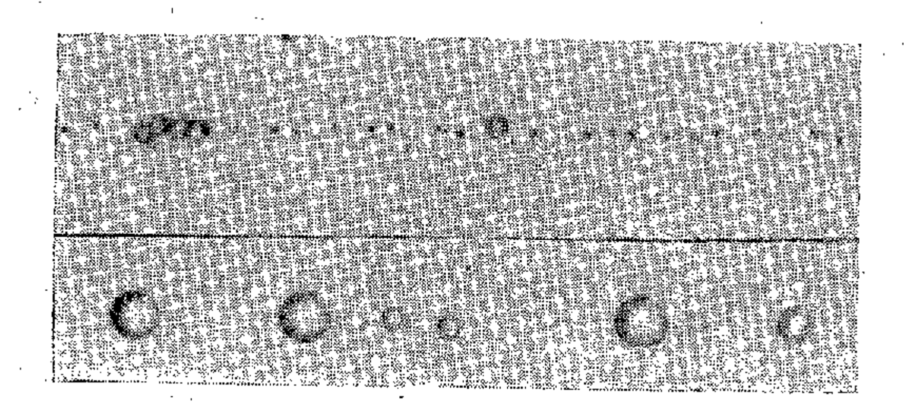
Ces faits, très curieux, s'interprètent sans difficulté : des fils d'araignées, dont le diamètre est compris entre $0^{\mu},1$ et $0^{\mu},01$ sont observés au microscope; on approche, de part et d'autre, deux agitateurs trempés respectivement dans des solutions d'acide chlorhydrique et d'ammoniac : les fils captent des gouttelettes dont le rayon est de l'ordre de $0^{\mu},1$ (*fig.* 1); si l'expérience est prolongée, le fil se couvre de gouttelettes, certaines d'entre elles captent les voisines, grossissent, glissent le long du fil, et, suivant la grosseur du fil et les conditions de l'expérience, donnent un chapelet de gouttes plus ou moins grosses (*fig.* 2). Ces gouttes peuvent coexister avec de très petites gouttelettes, mais à proximité des grosses gouttes, les petites gouttelettes ont été balayées.

Si le degré hygrométrique h de l'air est supérieur à 0,78, l'aspect du fil ne se modifie plus, mais si l'air est nettement plus sec, on voit à un instant donné

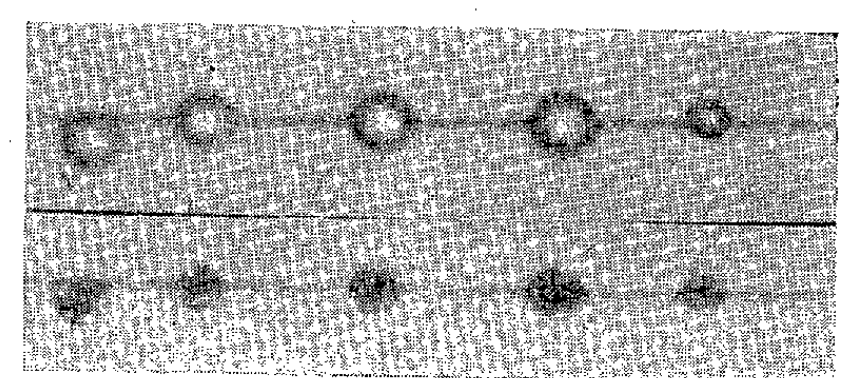
(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 67.

toutes les gouttelettes faire place, en moins d'un dixième de seconde, à des agglomérations de cristaux secs (clichés 3 et 4) conservant souvent la forme générale des gouttes; la forme cubique des cristaux apparaît parfois et est bien vérifiée en lumière polarisée.



Clichés 1 et 2.



Clichés 3 et 4.

Grandissement 1500.

Ainsi, le produit initial de la réaction est constitué par une solution de chlorure d'ammonium répartie dans un grand nombre de petites gouttelettes, et non par un solide. L'étude, à l'aide de très fins fils d'araignées, des fumées qui sortent d'un flacon d'acide chlorhydrique ouvert, conduit à l'interprétation suivante de cette réaction : dans l'air du laboratoire ($h > 0,40$), les noyaux de condensation de l'air comprennent des gouttelettes d'une solution (sursaturée si $h < 0,77$) de chlorure de sodium ([2]); cette solution dissout un volume considérable (par rapport à celui du solvant) de gaz chlorhydrique, et, en présence d'ammoniac, de ce deuxième gaz; la réaction se fait donc en solution, à l'intérieur des gouttelettes.

Même si h est inférieur à 0,78 (valeur critique correspondant à la déliquescence du chlorure d'ammonium), des gouttelettes persistent, leur solution étant sursaturée; elles sont captées par les fils, mais il arrive qu'à un instant donné (pour $h < 0,60$) toutes celles qui couvrent un fil ou des fils en contact semblent se cristalliser simultanément et instantanément. La forme des cristallisations de chaque goutte permet parfois de suivre la progression de l'amorçage le long du réseau : l'ordre de cristallisation est transmis par le fil, et peut provenir d'un autre fil par un point de contact. Sans préciser, notons l'influence du fil sur la rupture de la sursaturation, et la grande stabilité probable, lorsqu'elles sont libres dans l'air, des gouttelettes sursaturées.

Les observations utilisant les électrons n'ont permis que l'étude de ce qui reste des gouttelettes, petites et grosses, lorsqu'elles ont subi, dans le vide des instruments, une dessiccation brutale; l'examen des belles photographies de la Note précitée confirme la préexistence de gouttelettes de solution de chlorure d'ammonium.

Un examen similaire de diverses fumées m'a montré qu'elles sont constituées

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 915.

non par des particules solides mais par des gouttelettes. La généralité de ces faits permet de comprendre le rôle catalytique de la vapeur d'eau ou, plus exactement, de l'eau condensée en fines gouttelettes, dans les réactions entre gaz. Il est problable qu'une partie au moins des réactions dites « à sec » s'effectuent à l'intérieur de gouttelettes, et sont à ranger parmi les réactions en solution au point de vue du mode de liaison des radicaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Identification chimique et spectroscopique du radical libre méthylène* CH_2. Note (*) de MM. **Paul Goldfinger, Pierre Le Goff** et **Maurice Letort**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Un certain nombre de radicaux libres très simples tels que CH, NH, OH, ... ont été décelés et étudiés par spectroscopie; toutefois on ne connaît pas de méthode chimique pour les identifier. Par contre, des radicaux plus compliqués tels que CH_3 et C_2H_5, chimiquement caractérisables par la technique des miroirs de Paneth-Rice, ne sont pas encore accessibles à l'étude spectroscopique.

Nous avons essayé de caractériser par ces deux méthodes à la fois le radical CH_2 de complexité intermédiaire.

Divers auteurs, en particulier Pearson, Purcell et Saigh (1) dans la pyrolyse et photolyse du cétène CH_2CO et du diazométhane CH_2N_2, ainsi que M. Letort et X. Duval (2), dans le méthane soumis à la décharge électrique, pensent avoir décelé ce radical grâce à des miroirs de tellure. D'autre part, G. Herzberg (3) a interprété les spectres de noyaux de comètes obtenus par Swings (4) et d'autres auteurs, en attribuant à ce radical CH_2 un groupe de raies situées vers 4050 Å. G. Herzberg (5) a observé ce même spectre dans le méthane soumis à la décharge tandis que R. Herman (6) le retrouvait en faisant éclater dans l'hydrogène un arc entre deux électrodes de carbone.

Nous avons étudié le cétène CH_2CO, molécule dans la décomposition de laquelle on peut attendre la formation de CH_2 avec une grande probabilité. Ce produit a été préparé d'après J. W. Williams et C. D. Hurd (7) et purifié par distillations fractionnées à basses températures; sa pureté a été vérifiée par dosages, ainsi que par mesure de sa tension de vapeur.

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 409; R. F. Barrow, T. G. Pearson et R. H. Purcell, *Trans. Far. Soc.*, **45**, 1939, p. 880; *cf.* aussi R. W. G. Norrish et G. Porter, *ibid.*, *General discussion on free radicals*, 1947.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 452; *Ann. Mines*, 1945, p. 93.

(3) *Rev. of Modern Phys.*, **14**, 1942, p. 195.

(4) P. Swings, C. T. Elvey et H. W. Babcock, *Astrophys. J.*, **94**, 1941, p. 320.

(5) *Ibid.*, **96**, 1942, p. 314.

(6) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 281.

(7) *J. of Organ. Chem.*, **5**, 1940, p. 122.

Ce gaz, circulant à une vitesse d'environ 10 m/sec sous une pression de 0^{mm},2 Hg dans un tube de pyrex de 12^{mm} de diamètre, est soumis à une décharge de haute fréquence amenée par deux électrodes externes distantes de 20^{mm} entre elles. Des miroirs épais de tellure placés à 10 ou 20^{mm} en aval de la décharge se dissolvent en quelques minutes et nous avons recueilli le dépôt jaune (polytelluroformaldéhyde) caractéristique de CH_2 d'après Pearson, Purcell et Saigh.

Concomitamment nous avons photographié le spectre de la décharge grâce à un spectographe Huet n° 8606 à optique de verre dont la fente était située à quelques centimétres de la décharge dans le prolongement du tube.

Les longueurs d'onde du spectre obtenu ont été mesurées à 1 Å près au comparateur Huet, l'arc au fer servant de référence. Ce spectre est assez compliqué et contient manifestement les raies de rotation du CH. Son étude détaillée est en cours, mais nous voulons d'ores et déjà signaler que toutes les raies intenses du spectre de Swings que Herzberg attribue à CH_2 s'y trouvent comme le montre le tableau suivant.

D'après Swings, Elvey et Babcock (4).				Nos mesures.	
Swings.		Baldet.		CH_2CO.	CH_2N_2.
λ (Å).	*i*.	λ (Å).	*i*.	λ (Å).	λ (Å).
3992,6	4	–	–	3994	3993
4013,2	4	4014,5	8	4013	–
4019,4	4	4020,1	8	4019	4019
4039,6	5	4039,6	9	4040	4038,5
4043,6	5	4043,0	9	4043	4042
4051,6	6	4051,6	10	4051,5	4052
4074,4	4	4074,0	9	4075	4074

[L'échelle des intensités (*i*) va de 1 à 6 chez Swings et de 1 à 10 chez Baldet; nous n'avons donné ici que les raies les plus intenses, c'est-à-dire d'intensité supérieure ou égale à 4 d'après Swings, ou supérieure ou égale à 8 d'après Baldet.]

Ce tableau contient également les raies correspondantes que nous ont fournies quelques expériences faites suivant le même mode opératoire avec le diazométhane. Ce dangereux produit, dont la manipulation exige de grandes précautions, a été préparé d'après F. Arndt (8), dilué dans l'éther purifié et séché par distillations à basses températures. Dans ce spectre, les têtes de bande de N_2 à 4059, 3998 et 3945 Å sont fortement excitées mais, à une exception près (4013 Å), toutes les raies les plus intenses du spectre de Swings sont présentes, bien qu'elles soient beaucoup moins intenses que dans le spectre obtenu par le cétène.

(8) *Organic syntheses*, 15, p. 3.

En résumé, ces premiers résultats, dont l'étude détaillée se poursuit en collaboration avec le Dr B. Rosen (qui a attiré notre attention sur l'importance astrophysique du radical CH_2), semblent faire le recoupement, pour la première fois, entre les méthodes chimique et spectroscopique de détection du radical CH_2. Ils paraissent donc confirmer à la fois les conclusions de Pearson, Purcell et Saigh, Letort et Duval sur l'apparition du radical libre CH_2 dans certaines réactions, ainsi que l'interprétation donnée par Herzberg des spectres des noyaux cométaires obtenus par Swings.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Conditions de formation des mousses déduites de l'étude des courbes d'étirement et de* retour. Note (*) de M. **Raphaël Matalon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le présent travail a pour but de donner une définition plus précise des conditions liées à la formation des mousses. Le moussage peut être considéré comme dépendant de deux facteurs :

1° Un prélèvement, sous forme de lame mince, par les interfaces liquide-air de la substance dissoute. Ce processus dépend de la vitesse de diffusion des molécules du sein de la solution vers l'interface et de la tendance à l'adsorption du corps dissous.

2° L'état physique de l'interface en cours du moussage, et notamment sa structure qui est responsable de la plus ou moins grande stabilité de la paroi des lames.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré qu'une lame mince peut être prélevée par l'étrier de Proctor Hall lorsque la concentration est telle qu'il existe des micelles au sein du liquide. Mais il n'en est pas toujours ainsi, en particulier lorsque les mousses apparaissent aux concentrations pour lesquelles la tension dynamique est encore très élevée. Dans ce cas les courbes d'étirement effectuées à la vitesse de 1^{cm} pour 6 secondes présentent une zone caractérisant l'existence d'une lame mince, mais celle-ci s'étend sous tension superficielle croissante. L'écart de tension observé à la naissance et à la rupture peut atteindre 6 à 7 dynes. Cette croissance de la force s'explique par un appauvrissement en molécules adsorbées de la couche superficielle par suite d'une faible nourriture de la lame au cours de son extension.

Cependant, bien que les tensions enregistrées soient nettement plus élevées que celle qui correspond à la saturation de la couche adsorbée, la formation de la lame mince permet de conduire par compression de ses parois à une structure superficielle compatible avec une plus grande stabilité. Ce fait est mis en évidence par l'étude des courbes de *retour* (2).

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 896-898.

(2) Matalon, *Thèse*, Lyon, 15 juin 1948.

En effet, si l'on inverse le mouvement de la lame étirée, formée à partir de solutions très diluées, l'enregistrement de la courbe de variation de la force agissante en fonction de la distance de l'étrier à la surface montre qu'à hauteurs correspondantes, les lames ont une tension plus faible au retour qu'à l'étirement. L'irréversibilité des courbes ainsi obtenues est due à une accumulation de molécules adsorbées. Ces molécules se fixent en quelque sorte à la surface de la lame et leur vitesse de désorption très lente entraîne une concentration sur les parois de la lame au cours du processus de retour. Cette concentration se produit de façon analogue au cours du moussage pendant l'accumulation des lames dans la colonne de mousse.

L'expérience montre que les mousses apparaissent dès que la tension au retour devient suffisamment faible, et qu'elle tend à se rapprocher de la valeur qui correspond à la concentration maximum dans la couche adsorbée.

Lorsque la solution est suffisamment concentrée pour que la tension superficielle atteigne sa valeur minimum, les courbes d'étirement deviennent superposables aux courbes de retour, ce qui s'explique par une nourriture suffisante des parois de la lame au cours de son extension qui permet de maintenir une composition constante dans la couche superficielle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution du nitrure de lithium et l'existenee de l'ion* N^{3-}. Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Émile Masdupuy**, présentée par M. Paul Lebeau.

En vue de déterminer si l'azote est susceptible de s'ioniser sous la forme N^{3-}, nous avons recherché si cet ion est un des deux constituants du nitrure de lithium. C'est en effet dans ce composé que l'on a le plus de chances de le rencontrer, en raison du caractère fortement électropositif du lithium. Le nitrure de lithium a d'ailleurs des caractères salins (F 840-845°) et son réseau cristallin a été considéré comme ionique. Dans ce réseau, hexagonal, certains centres Li sont en effet éloignés de 2,11 Å seulement, alors que la plus petite distance qui ait été observée par ailleurs entre atomes neutres de lithium est de 2,70 Å ([1]).

Pour obtenir une certitude au sujet de la structure du nitrure de lithium, nous avons étudié la conductibilité électrique de ce composé solide et fondu.

Le corps qui a servi à nos expériences a été préparé par combinaison directe des éléments à 450-460°, dans un appareil en fer. L'azote, purifié et desséché à la manière habituelle, passait en outre sur des fragments de lithium sacrifiés et destinés à arrêter les dernières traces d'eau. La substance ainsi obtenue se

(*) Séance du 20 septembre 1948.

([1]) R. Brill, *Z. Krist.*, 65, 1927, p. 94; E. Zintl et G. Brauer, *Z. Elektrochemie*, 41, 1935, p. 102; R. Brill, *Z. Elektrochemie*, 41, 1935, p. 266.

présente sous forme de masses boursouflées, violet noir, creuses intérieurement, à cassure cristalline. Sa teneur en NLi_3, calculée à partir de la quantité d'ammoniac qu'elle est susceptible de fournir par hydrolyse, est de 99,2 %, le rapport Li/N étant égal à 3,01.

Nous avons étudié, en courant alternatif, la conductibilité électrique de NLi_3 pulvérisé, maintenu en atmosphère d'azote, dans une cellule et avec des électrodes de fer, métal qui, de tous les matériaux dont nous disposions, est le moins attaqué par le nitrure. Ce produit, pour lequel nous n'avons pas trouvé de dissolvant, est en effet extrêmement actif chimiquement, déjà au-dessous de sa température de fusion. Nous avons exploré plus particulièrement tantôt la zone de température comprise entre 20° et 550°, dans laquelle il n'y a pas encore d'altération notable du nitrure, tantôt celle qui avoisine le point de fusion de ce corps. Jusqu'à 360° environ, le nitrure de lithium n'est pratiquement pas conducteur. A partir de 360°, apparaît une conductibilité cristalline, d'abord très faible, mais qui augmente rapidement et qui, jusqu'à 550°, présente les caractères d'une conductibilité ionique, en ce sens qu'elle peut être représentée par une formule de Smekal ([2]) :

$$\chi = 0,0528\, e^{-\frac{6196}{T}} + 4,3.10^7\, e^{-\frac{21700}{T}}$$

(la courbe $\log \chi = f[1/T]$ se compose de deux droites se raccordant au voisinage de 440°).

Au-dessus de 550°, la conductivité continue à croître pour atteindre, au point de fusion, la valeur $\chi = 8,2 \pm 0,3$, valeur relativement élevée, et à laquelle correspondrait une conductivité équivalente égale à $95 \pm 3,5$, comprise entre celles de BrK et ClK fondus. Ce chiffre ne peut pas être considéré comme très précis, en raison du fait que, à partir de 550°, la substance subit une certaine altération, soit qu'elle fixe de l'azote ([3]), soit qu'il y ait nitruration du fer ([4]), soit surtout qu'il y ait attaque de ce métal par NLi_3. Il semble cependant qu'on puisse tout au moins conserver à ce résultat un sens qualitatif, car des expériences différentes concourent à montrer que NLi_3 est un électrolyte.

Nous avons réussi en effet, en utilisant la méthode déjà employée par Moers ([5]) dans le cas de l'hydrure de lithium (électrolyse dans le vide à température constante) à établir qu'il y a libération d'azote à l'anode, lorsque le nitrure de lithium est traversé par un courant continu. Nous avons effectué nos expériences à des températures comprises entre 480° et 550°, de façon à avoir des courants appréciables, tout en évitant le plus possible l'altération du

---

([2]) *Z. Elektrochemie*, 34, 1928, p. 472.
([3]) R. Dutoit, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 798.
([4]) L. Duparc, P. Wenger et C. Urfer, *Helv. chim. Acta*, 13, 1930, p. 650.
([5]) *Z. anorg. allg. Chem.*, 152, 1926, p. 342.

nitrure. La cellule à électrolyse étant reliée à un tube manométrique à mercure, on observe que celui-ci, stable avant tout passage du courant, traduit au contraire, dès la fermeture du circuit, une augmentation de pression rapide qui atteignait, dans nos expériences, 55^mm de mercure en une minute. Cette augmentation de pression n'était cependant que les trois quarts environ de celle que l'on pouvait prévoir par application de la loi de Faraday, mais ceci s'explique probablement par une recombinaison partielle des éléments libérés. La substance utilisée, analysée après une série d'expériences, contenait encore 96,7 % NLi_3 et renfermait seulement 0,7 % Fe. Il serait difficile, dans ces conditions, d'attribuer à l'électrolyse d'impuretés l'accroissement de pression observé.

Au cours de ces expériences, les électrodes se polarisent très rapidement. A l'ouverture du circuit, la force électromotrice de polarisation est de l'ordre de 0,80 volt; elle décroît ensuite, d'abord rapidement, puis plus lentement, pour s'annuler en une dizaine de minutes.

En résumé, l'ensemble des résultats que nous avons obtenus nous paraît établir sans ambiguïté le caractère ionique du nitrure de lithium, c'est-à-dire l'existence d'ions N^{3-} dans ce composé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le diagramme de solubilité. Eau-nitrate de calcium-nitrate d'ammonium.* Note (*) de Mlle **Josette Lamberger** et M. **René Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Aucune publication n'avait été faite jusqu'à présent sur les équilibres de solubilité dans le système $H_2O - Ca(NO_3)_2 - NH_4NO_3$; seuls quelques travaux font état d'un sel double hydraté : $NH_4NO_3, 5Ca(NO_3)_2, 10H_2O$ [1].

Nous avons déterminé les isothermes de solubilité à 10°, 20° et 30° C. de ce système ternaire suivant les techniques classiques : agitation prolongée au thermostat jusqu'à l'obtention de l'équilibre des phases, analyse des solutions et des restes (dosage de Ca^{++}, NH_4^+, NO_3^-) et nous avons mesuré les densités des solutions saturées. Les difficultés rencontrées tiennent d'une part à la très grande solubilité des sels considérés dont les solutions visqueuses doivent être agitées de 5 à 7 jours pour que l'équilibre soit atteint et d'autre part à l'existence de domaines importants de métastabilité pour toutes les phases solides à l'exception de NH_4NO_3, circonstance qui nous a obligés à déterminer certains points doubles par interpolation.

L'ensemble des résultats que nous avons obtenus ne peut être que brièvement

(*) Séance du 26 juillet 1948.

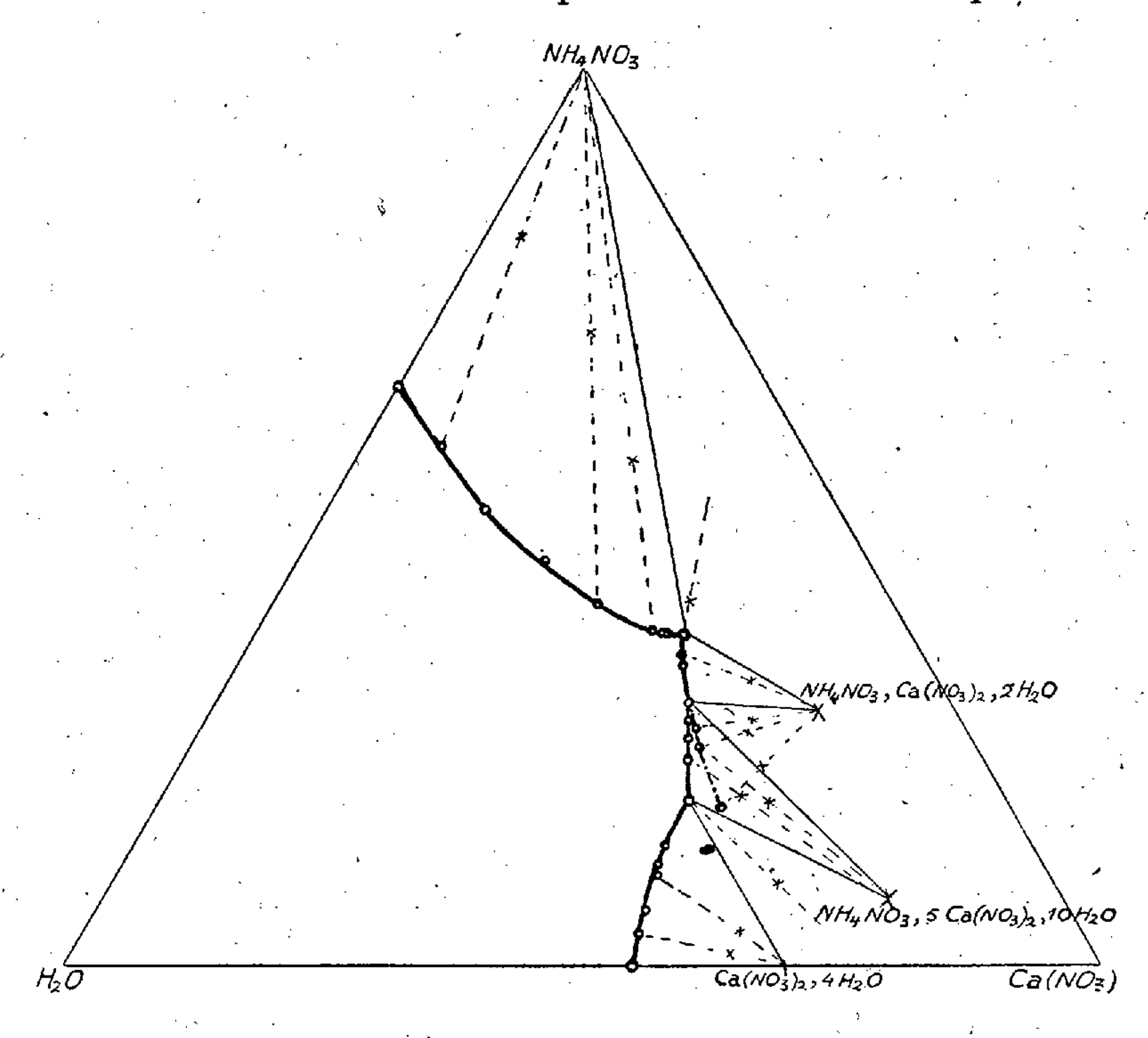
(1) *Fortschr. Land. Chem. Forsch.*, 1937, p. 225; Braudenberger, *Miner et Petrog. Scient. Nat.*, 13, 1933, p. 91; *Brevets Français*, n^os **738210** et **739744**; J. Gundemann, *Dissertation*, Darmstadt, 1934.

résumé ici par le tableau ci-après dans lequel nous n'avons fait figurer que les coordonnées des points doubles limitant les différentes portions des isothermes de solubilité, à l'exclusion de la partie de ces isothermes correspondant aux équilibres métastables.

Coordonnées des points doubles et points des systèmes binaires délimitant les branches stables des isothermes.

Concentration en grammes de sel p. 100g de solution. 10°.		Densité des solutions.	Concentration en grammes de sel p. 100g de solution. 20°.		Densité des solutions.	Concentration en grammes de sel p. 100g de solution. 30°.		Densité des solutions.
NH_4NO_3.	$Ca(NO_3)_2$.		NH_4NO_3.	$Ca(NO_3)_2$.		NH_4NO_3.	$Ca(NO_3)_2$	
59,6	0	1,286	64,7	0	1,309	70,0	0	1,328
33,7	42,0	1,635	37,0	41,1	1,638	41,5	39,7	1,638
27,4	45,5	1,641	29,5	45,6	1,650	33,9	44,8	1,657
26,6	45,6	1,639	18,2	51,0	1,638	9,5	56,7	1,646
0	51,5	1,523	0	54,7	1,556	0	58,9	1,600

La figure ci-dessous reproduit le diagramme de solubilité à 20° C. en coordonnées trilinéaires et concentrations pondérales. On remarquera l'existence à



cette température de 4 branches d'isotherme correspondant respectivement aux solutions saturées en : *a*. NH_4NO_3; *b*. $Ca(NO_3)_2$, $4H_2O$; *c*. NH_4NO_3, $5Ca(NO_3)_2$ $10H_2O$ déjà signalé dans les publications (¹); *d*. NH_4NO_3,

$Ca(NO_3)_2$, $2H_2O$ sel double hydraté dont l'existence n'avait jamais été indiquée si ce n'est par une allusion de Brill [1] à un sel de formule $Ca(NO_3)_2$, NH_4NO_3 qu'aurait obtenu J. Brode en 1932.

Ce diagramme met en outre en évidence un prolongement, figuré en pointillé, de l'isotherme de solubilité de NH_4NO_3, $Ca(NO_3)_2$, $2H_2O$ correspondant à une importante région de métastabilité pour cet hydrate. A 30° C. existent également d'importants domaines de métastabilité pour ce même hydrate ainsi que pour $Ca(NO_3)_2$, $4H_2O$. Enfin à 10° C. les domaines de métastabilité des 2 sels doubles hydratés sont beaucoup plus importants que leurs domaines de véritable stabilité.

On remarque que les régions de stabilité des deux sels doubles hydratés diminuent d'importance lorsque la température décroît et il est vraisemblable qu'en dessous de 10° C. il ne reste plus, comme phases solides stables, que NH_4NO_3 et $Ca(NO_3)_2\,4H_2O$.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature des limons rouges superficiels du Maroc.* Note (*) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

Les limons rouges superficiels de la zone côtière du Maroc font partie de la vaste ceinture des *terres rouges méditerranéennes* qui va de Gibraltar à la Palestine. On considère généralement ces terres rouges commes des *terra rossa* ou argiles de dissolution (décalcification) des calcaires. Dans une Note récente, je crois avoir nettement établi l'âge grimaldien (Normannien, ancien Monastirien) des limons rouges. Je voudrais montrer aujourd'hui que : 1° les limons rouges des plaines ne sont pas des *terra rossa* et que, 2° si dans les montagnes calcaires, ils peuvent être considérés comme tels, ce sont néanmoins des formations fossiles dont le développement est actuellement arrêté.

Je rappellerai que le Maroc a été soumis au climat rubéfiant du Milazzien au Grimaldien; aussi le Quaternaire marocain comporte-t-il plusieurs formations rouges d'âge différent [1] :

1. *Limons rouges ou roses inférieurs des grandes plaines marocaines*, antérieurs à la croûte calcaire tyrrhénienne [2].

2. Grès roses de la côte, appelés *formation de Temara*, contemporains de la croûte, qui les encadre, et par conséquent tyrrhéniens (Acheuléen et Levalloisien) [3].

3. *Limons rouges superficiels* (hamri) postérieurs à la croûte (Micoquien et Levalloisien moustéroïde) et appartenant au cycle grimaldien [4]. A part

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) G. Choubert et G. Bryssine, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 863.

(2) G. Choubert, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1630.

(3) G. Choubert et J. Marcais, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1645

(4) G. Choubert, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 558.

certaines régions où la teinte de ces limons est influencée par celle des roches mères, leur couleur varie avec les zones climatiques de plus en plus sèches; elle est rouge dans les zones côtières et dans les montagnes calcaires, brunâtre dans l'intérieur, claire rosée dans le Sous et le Dra, blanchâtre dans le Sud-Est (Tafilalet, Daoura).

4. Le cycle Flandrien n'a pas laissé de limons rouges proprement dits. Seul le *niveau de base des grottes*, contenant le Moustérien vrai (début du pluvial würmien, limite des cycles grimaldien et flandrien), est encore rouge. Sous le climat humide et tempéré ou froid du dernier pluvial (cycle flandrien) se forment des terres jaunes et noires, les *tirs*, et s'opère la tirsification des formations antérieures, des limons rouges en particulier.

Quand les limons superficiels recouvrent la croûte, celle-ci est intacte et conserve même sa carapace terminale. Les poches de dissolution, fréquentes dans le Pliocène marin ou le Quaternaire dunaire de la zone côtière, sont enduites de la croûte et remplies de limons. Au fond de ces poches, on rencontre même des graviers et des silex taillés. *Ces limons ne résultent donc ni de la dissolution de la croûte, ni de celle des formations sous-jacentes.* Au contraire sous les climats flandrien et actuel, la croûte s'altère donnant des terres noires rendzinoïdes (tirs de la Chaouia). Les limons rouges sont donc des formations continentales allochtones, déposées dans les conditions de climat rubéfiant d'accumulation.

L'habitude d'assimiler les limons rouges aux *terra rossa* de décalcification semble provenir du fait que, généralement, *ils ne se tirsifient pas* quand leur substratum est calcaire et perméable. Prenons comme exemple la route de Rabat à Casablanca. Sur les dunes consolidées, ou sur les zones encroûtées, le limon est rouge, même si l'affleurement calcaire ne mesure que quelques dizaines de mètres carrés. La couleur rouge disparaît dès qu'on aborde les zones imperméables à substratum paléozoïque : on passe alors aux terres noires, grises ou jaunes. La tirsification dépend généralement du facteur morphologique. Sur les pentes schisteuses, le limon peut conserver sa couleur rouge (Oued Mellah). Par contre, dans les grandes plaines à substratum calcaire, colmaté par les limons inférieurs (Chaouia, localement Doukkala), le limon rouge est tirsifié sur de vastes étendues. Le limon rouge est donc tirsifié dans les *zones qui étaient susceptibles de garder une humidité permanente suffisante lors du pluvial flandrien; il reste rouge si l'évacuation de l'excès d'eau était assurée.* D'ailleurs la tirsification en grand n'existe pas à l'intérieur, où la pluviosité flandrienne fut sans doute moindre.

Les mêmes phénomènes sont bien moins nets en montagne, où des sols rouges à rendzine sont la règle dans les zones calcaires. Cependant des sols rouges analogues et géologiquement identiques, recouvrent aussi les montagnes schisteuses ou granitiques (Massif du Maroc Central). Sans pouvoir le prouver indubitablement, je considère qu'il s'agit là de paléosols qui ont été à l'origine

des limons rouges des plaines. Partout où les conditions flandriennes l'ont permis, ces paléosols se sont transformés en sols noirs (sols forestiers par exemple).

Je crois ces conclusions applicables aux *terres rouges méditerranéennes* en général et aux terres rouges du Midi de la France en particulier. J'ai observé dernièrement dans les Alpes-Maritimes, des dispositions identiques à celles décrites ci-dessus.

Cependant d'une façon générale les phénomènes y sont moins nets, car les colorations rouges ont souvent disparu à cause d'une humidité plus abondante au cours du Flandrien. Non seulement les terres rouges n'existent plus dans les zones non calcaires, mais, même dans les montagnes calcaires, les terres noires sont aussi fréquentes que les terres rouges.

Ces dernières considérations gardent évidemment un caractères encore fragile, puisque certains pédologues insistent sur la possibilité de la formation de sol rouge à l'heure actuelle. D'autre part la tirsification n'a plus à présent la même intensité et généralité qu'au Flandrien. Peut-être faut-il penser à un retour actuel des conditions de climat rubéfiant qui remplaceraient progressivement celles du climat à terres noires du Flandrien.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les pigments de la graine d'Arachide. Mise en évidence d'une flavanone.* Note (*) de MM. **Jack Masquelier** et **Paul Blanquet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours de précédentes recherches, l'un de nous ([1]) a signalé que si l'on épuise des pellicules recouvrant l'amande de l'Arachide par de l'acide chlorhydrique à 1 %, on extrait deux pigments; ces derniers peuvent être aisément séparés l'un de l'autre en raison de leur solubilité différente dans le chloroforme : l'un, le chromogène, est insoluble, tandis que l'autre se dissout dans ce solvant.

L'isolement et la caractérisation de ce second pigment fait l'objet de la présente Note.

L'extrait obtenu par évaporation de la solution chloroformique nous a permis de penser que nous avions affaire à un dérivé flavonique; si l'on ajoute, en effet, quelques gouttes de lessive de soude à une solution éthérée de l'extrait, la teinte primitivement jaune pâle vire au rouge foncé et la coloration se rassemble dans la phase aqueuse. Par retour en milieu acide, cette coloration

(*) Séance du 9 août 1948.

([1]) F. Tayeau et J. Masquelier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 602.

disparaît. Ce caractère a été souvent signalé comme spécifique des phénylbenzo-γ-pyrones ([2]), ([3]), ([4]), ([5]).

Voulant pousser plus loin nos investigations, nous avons cherché à purifier notre produit. Nous y sommes parvenus en le faisant passer successivement et à plusieurs reprises dans les acides minéraux dilués et dans l'éther. Finalement, nous avons pu obtenir un produit cristallisé (F 250°).

Désirant savoir en présence de quel type de dérivé flavonique nous nous trouvions, nous avons effectué un certain nombre de réactions chimiques qui nous permettent de conclure qu'il s'agit d'une *flavanone* [réaction de Wilson ([6]) négative, non-transformation en anthocyanidol par réduction ([7])].

Une deuxième confirmation nous a été fournie par l'étude du spectre ultraviolet de la substance dissoute dans l'alcool (tube de Challonge, spectrographe de Féry, avec cuve à épaisseur variable). Des spectres en échelons préliminaires nous avaient permis de déterminer l'allure de la courbe spectrophotométrique et la position approchée des maxima d'absorption (bande d'absorption nette entre 3100 et 3300 Å, alors que les composés du type quercétol montraient une bande entre 3800 et 3900 Å).

La courbe spectrophotométrique a été construite de la manière classique (interprétation du spectre au microphotomètre de Hilger). Les valeurs du log K (coefficient d'absorption) que nous avons obtenues et les localisations des minima et des maxima se sont révélées tout à fait conformes à celles qu'indique Skarzynski ([8]) pour la flavanone; notre courbe spectrophotométrique et celle de cet auteur coïncident :

Maximum...........	3200 Å	Log K = 3,28
Minimum............	2800	Log K = 2,75
Maximum............	2580	Log K = 3,58

Il s'agit donc bien d'une *flavanone*.

En raison de la faible quantité de flavanone que contient le tégument de l'Arachide (20^{mg} pour 100^{g}), nous ne nous sommes pas encore attachés à l'établissement de la formule de cette substance.

Conclusion. — Parmi les pigments qui colorent le tégument de la graine d'Arachide, nous avons isolé un dérivé flavonique, qui appartient au groupe des flavanones.

([2]) E. Filhol, *Comptes rendus*, **39**, 1854, p. 194.

([3]) W. D. Bancroft et J. E. Rutzler, *Journ. Am. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 2945.

([4]) M. W. Onslow, *The anthocyanin pigments of plants*, 1 vol., University Press, édit., Cambridge, 1925.

([5]) M. Wheldale, *Proc. Phil. Soc.*, Cambridge, **15**, 1909, p. 137.

([6]) C. W. Wilson, *Journ. Am. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 2303.

([7]) R. Combes, *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 1002.

([8]) B. Skarzynski, *Biochem. Zeitschr.*, **301**, 1939, p. 150.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence d'une phytohormone de synthèse sur le développement des virus X et Y de la Pomme de terre chez le Tabac.* Note (*) de MM. **Pierre Limasset, Francis Levieil** et **Maurice Sechet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Une observation d'origine accidentelle nous a conduits à entreprendre simultanément à la Station centrale de Pathologie végétale et à la Station privée de Trévarez, des essais systématiques relatifs à l'action de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur la multiplication de certains virus.

1. *Essais réalisés à la Station de Trévarez* (Finistère). — Six Tabacs de la variété *White Burley*, contaminés par le virus X le 2 août 1947, et présentant des symptômes caractéristiques à partir du 11 août, ont subi le 14 août une pulvérisation avec une solution d'acide 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique au 1/10000. Les symptômes disparurent. Le 29 août on tenta de déceler la présence éventuelle de virus dans les tissus de ces plantes apparemment guéries en inoculant 5 Tabacs avec le jus de chacune d'entre elles. C'est seulement le 2 octobre que des symptômes commencèrent à se manifester sur certaines. Le 19 octobre six pieds, sur les trente inoculés, manifestaient des symptômes.

Le 2 octobre, 2 Tabacs (var. *White Burley*) étaient contaminés avec le virus Y (*Marmor upsilon*), puis pulvérisés avec la solution au 1/10000 de l'acide 2-méthyl 4-chlorophénoxyacétique le 3 octobre. Le diagnostic sérologique permit de déceler la présence du virus sur un seul de ces pieds.

2. *Essais réalisés à la Station centrale de Pathologie végétale.* — Les résultats obtenus à Trévarez mettaient en évidence une inhibition certaine de la multiplication du virus, peut-être même une disparition complète de celui-ci dans certains cas, mais les essais restaient purement qualitatifs. Nous avons voulu, à la Station Centrale, mettre à profit la méthode de dosage que nous avions mise au point antérieurement (1), en vue d'étudier quantitativement le phénomène.

Nous avons utilisé à cet effet le sel de sodium de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique et nous l'avons pulvérisé à plusieurs doses sur des Tabacs (var. *White Burley* et *Samsun*). Ceux-ci étaient divisés en trois lots de deux plantes selon que la contamination par le virus X était réalisée avant, après ou au même moment que la pulvérisation. On conservait d'autre part trois catégories de témoins (traités par l'hormone mais non inoculés, inoculés mais non traités par l'hormone, enfin, ni inoculés, ni traités). Le virus était recherché par la méthode de microséroréaction déjà décrite (1). Un des essais est schématisé dans le Tableau ci-après où nous indiquons seulement les résultats d'une épreuve

(*) Séance du 20 septembre 1948.

(1) P. Limasset et H. Augier de Montgremier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1176-1177.

sérologique réalisée avec le jus de la troisième feuille comptée à partir du sommet : Tabacs *White Burley*, le 21 janvier, soit trente-trois jours après l'inoculation.

Concentrations en sel de potassium de l'acide.

	Pieds. 15 pour 1 000 000.	Pieds. 20 pour 1 000 000.	Pieds témoins.	
Pulvérisation le 17 décembre, inoculation le 23	1 : + + 2 : + +	1 : + + 2 : + +	pulvérisés non inoculés	1 : 0 2 : 0
Pulvérisation le 23 décembre, inoculation le même jour	1 : + 2 : 0	1 : 0 2 : 0	non pulvérisés mais inoculés	1 : + + + 2 : + +
Pulvérisation le 5 janvier, inoculation le 23 décembre	1 : + + 2 : + + +	1 : + + + 2 : + +	ni inoculés, ni pulvérisés	1 : 0 2 : 0

Ces résultats ont été confirmés par une nouvelle épreuve le 26 janvier. Sur chacun des pieds ayant présenté une réaction négative, on a détaché le lendemain une feuille dont le jus servit ensuite à inoculer trois pieds de *Datura*. Aucun de ces *Datura* n'a présenté ultérieurement les symptômes du virus X. Ceci confirmait le résultat de l'épreuve sérologique et l'on peut affirmer que trois pieds sur les quatre ayant reçu simultanément le virus et l'hormone ne contenaient pas le virus en quantité décelable à cette date. Néanmoins, au bout de plusieurs mois des symptômes apparurent sur les feuilles du sommet des Tabacs traités. On peut donc conclure que la pulvérisation d'hormone n'avait pas empêché la contamination, ni détruit le virus, mais simplement manifesté une action inhibitrice très puissante sur la multiplication de ce dernier. Des essais *in vitro* ont d'ailleurs montré que le produit était dépourvu d'action inactivante propre, ce qui confirme pleinement notre point de vue.

L'action inhibitrice de la pulvérisation d'hormone, lorsqu'elle est effectuée le même jour que l'inoculation, a été pleinement confirmée par d'autres essais effectués sur la variété *Samsun*. De plus, au cours de ces essais, on a réalisé le dosage du virus sur les pieds ayant reçu le virus et l'hormone à quelques jours d'intervalle. Ce dosage a été effectué sérologiquement, au microscope à fond noir, par la méthode de la dilution limite. La quantité de virus contenue dans les pieds pulvérisés sept jours après l'inoculation était le tiers de celle des témoins non traités sans qu'aucune différence significative ait pu être décelée en fonction de la concentration du produit (5 parties pour 1 million, 50 parties pour 1 million et 100 parties pour 1 million). La dilution limite était 1/150 avec les jus des témoins sains et 1/50 avec le jus des plantes traitées. Dans le cas où la pulvérisation précédait l'inoculation, les résultats n'ont pas été significatifs.

En résumé les résultats préliminaires obtenus mettent en évidence une inhibition certaine particulièrement puissante lorsque l'inoculation et le traitement par l'hormone sont simultanés. L'action est néanmoins temporaire. De plus,

aux doses d'hormones utilisées, les Tabacs présentaient des déformations caractéristiques. De nouveaux essais sont envisagés, en vue de préciser les données acquises.

CYTOLOGIE. — *Étude cytochimique des ferments de la membrane nucléaire.* Note (*) de MM. **Charles-Albert Baud** et **André Fulleringer**, transmise par M. Albert Policard.

Les méthodes de détection cytochimique de divers ferments ont été appliquées au parenchyme hépatique du Cobaye et du Rat. Les résultats concernant la membrane nucléaire sont rapportés ici.

Pour la mise en évidence de la phosphatase alcaline, de petits fragments de foie ont été fixés à l'alcool à 95 % glacé, inclus dans la paraffine, et les coupes traitées selon le procédé de G. Gomori ([1]), avec incubation de deux heures à pH 9,4 en utilisant le glycérophosphate de sodium comme substrat. La membrane nucléaire est nettement imprégnée, et constitue la localisation principale de la phosphatase alcaline dans la cellule.

Les pièces destinées à la détection de la phosphatase acide ont été fixées à l'acétone, à la glacière; les coupes, effectuées après inclusion dans la paraffine, ont été traitées selon la technique de A. Wolf, E. A. Kabat et W. Newman ([2]), avec incubation de vingt-quatre heures à pH 4,7, le glycérophosphate de sodium servant de substrat. L'imprégnation de la membrane nucléaire est très forte, au moins égale à celle de la substance chromatique.

Les lipases ont été recherchées sur des coupes de pièces fixées par l'acétone à la glacière, et incluses dans la paraffine; ces coupes ont été traitées selon la méthode proposée par G. Gomori ([3]), avec incubation de douze heures à pH 7,4, en utilisant le « Tween 60 » comme substrat. On note une réaction très nettement positive autour du noyau, dans une zone bien limitée du côté interne ou nucléaire et s'estompant graduellement du côté externe ou cytoplasmique; cette zone correspond à la couche périnucléaire, et peut-être aussi à la membrane nucléaire proprement dite (achromatique).

Les réactions des phosphatases et des lipases ont toujours été contrôlées en faisant subir à d'autres coupes, servant de témoins, les mêmes traitements, mais l'incubation sans substrat.

La mise en évidence des peroxydases a été réalisée par la réaction à la

---

(*) Séance du 20 septembre 1948.

([1]) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **42**, 1939, p. 23; *J. Cell. and Comp. Physiol.*, **17**, 1941, p. 71.

([2]) *Amer. J. Path.*, **19**, 1943, p. 423.

([3]) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **58**, 1945, p. 362.

benzidine, suivant les indications de L. Lison ([4]). Sur le foie non fixé, prélevé immédiatement après la mort de l'animal, les résultats sont toujours négatifs; sur le foie prélevé plusieurs heures après la mort, on obtient parfois une légère coloration du noyau, paraissant plus intense à la périphérie de celui-ci.

Pour les oxydases, la réaction au bleu d'indophénol a été effectuée, également selon les indications de L. Lison ([4]), sur des fragments de foie fixés au formol à 10 % et coupés après congélation. On observe une couche périnucléaire teintée en bleu pâle, mais il est difficile de dire si la coloration correspond à une localisation oxydasique ou à une accumulation de colorant dans les lipides de la couche périnucléaire.

Ces résultats ne permettent donc aucune affirmation concernant les oxydases et les peroxydases de la membrane nucléaire, et sont en accord complet avec ceux de M. Prenant ([5]). Mais l'existence de phosphatases acides et alcalines dans la membrane nucléaire, et de lipases dans la couche périnucléaire, semble pouvoir être affirmée; cela confirme les résultats obtenus par A. L. Dounce ([6]) dans ses recherches chimiques sur les noyaux isolés de cellules hépatiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches histochimiques sur les lipides de l'écorce cérébrale.* Note (*) de M. **Paul Valade**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les localisations et le mode de répartition des lipides dans le tissu nerveux et en particulier au niveau de l'écorce cérébrale sont encore peu connus.

Pour la plupart des histologistes, les lipides existent dans les cellules nerveuses, soit sous forme de fines sphérules, soit à l'état diffus au sein du cytoplasma. Les présentes recherches ont été entreprises pour préciser les localisations de ces lipides.

Choix d'une méthode de détection histochimique des lipides cérébraux. — Le choix d'une méthode de détection histochimique des lipides cérébraux doit satisfaire à plusieurs conditions :

1° Mise en évidence des lipides cérébraux dont la nature diffère de celle des lipides ordinaires.

2° Tenir compte de l'extrême fragilité du tissu nerveux.

3° Respecter la morphologie tissulaire.

Nous nous sommes arrêté à la méthode II de Ciaccio ([1]).

([4]) *Histochimie animale*, Paris, 1936.

([5]) *Arch. Morphol. gén. exper.*, **21**, 1924, p. 1.

([6]) *J. biol. Chem.*, **147**, 1943, p. 685.

(*) Séance du 26 juillet 1948.

([1]) L. Lison, *Histochimie animale* (Collection des actualités biologiques, Paris, 1936).

Cette méthode est basée sur deux données essentielles :

1° Les phosphatides et les galactolipides (qui constituent la majeure partie des lipides nerveux) sont *insolubles* dans *l'acétone*.

2° L'addition d'une solution de bichromate de potassium et de sels de cadmium renforce l'insolubilité des lipides dans l'acétone tout en leur conservant leur affinité pour les colorants habituels des corps gras.

Toutefois nous avons apporté à la méthode de Ciaccio, un certain nombre de modifications dont la plus importante consiste en la *suppression de la fixation formolée*.

En dernière analyse, nous avons adopté la technique suivante :

1° Prélèvements effectués aussitôt après la mort.

2° Passages successifs d'une durée d'une heure dans les 3 bains suivants A, B, C :

A	Acétone	70$^{cm^3}$	B	Acétone	80$^{cm^3}$
	Solution à 10 % de nitrate de cadmium	10 »		Solution à 10 % de nitrate de cadmium	10 »
	Eau distillée	20 »		Eau distillée	10 »

C	Acétone	90$^{cm^3}$
	Solution à 10 % de nitrate de cadmium	10 »

3° Passages successifs d'une durée totale de 48 heures dans 3 bains d'acétone additionné de 2 % d'une solution saturée de nitrate de cadmium dans l'alcool absolu.

4° Passages successifs d'une demi-heure dans les 4 solutions hydro-acétoniques décroissantes : A′, B′, C′, D′.

A′	Acétone	80$^{cm^3}$	B′	Acétone	70$^{cm^3}$
	Solution à 10 % de nitrate de cadmium	10 »		Solution à 10 % de nitrate de cadmium	8 »
	Eau distillée	10 »		Eau distillée	22 »
C′	Acétone	60 »	D′	Acétone	50 »
	Solution à 10 % de nitrate de cadmium	5 »		Solution à 10 % de nitrate de cadmium	1 »
	Eau distillée	35 »		Eau distillée	49 »

5° passage 2 heures dans un bain constitué d'acétone et d'une solution de bichromate de potassium à 10 % à parties égales ;

6° les pièces séjournent 2 à 3 jours dans ce dernier mélange, que l'on dilue progressivement avec une solution de bichromate de potassium à 5 % ;

7° lavage à l'eau courante pendant 12 à 24 heures ;

8° couper, soit à congélation, soit après inclusion dans la paraffine.

Dans ce dernier cas, les pièces sont traitées par une série de solutions acétoniques de concentrations croissantes, puis : par de l'acétone pure ; par de l'acétone additionnée à parties égales d'éther de pétrole ; par de l'éther de

pétrole; par un mélange éther de pétrole et paraffine à 37° et enfin passage dans la paraffine.

9°. Coloration des coupes :

a. par le Soudan III ou le noir Soudane B pendant 2 à 3 heures;

b. après différenciation par l'alcool à 50° : coloration à l'hémalun.

Les résultats : Localisations des lipides dans le cortex cérébral. — Les coupes effectuées dans la région frontale (gyrus sigmoïde) de l'encéphale du Chien montrent qu'il existe trois sortes de localisations des substances lipidiques :

1° des dépôts sous-méningés;

2° des dépôts péri-vasculaires;

3° des dépôts intra-cellulaires.

Les dépôts lipidiques sous-méningés sont les plus abondants, ils apparaissent sous forme de gouttelettes bien colorées en orange par le Soudan III et situées immédiatement sous les lamelles conjonctives de la pie mère.

Les dépôts péri-vasculaires s'observent au pourtour des capillaires, même les plus fins.

Les dépôts intra-cellulaires sont particulièrement apparents dans les grosses cellules pyramidales de la cinquième couche. Ces dépôts sont bien délimités, leur position ne paraît pas obéir à des règles fixes.

La substance gliale interstitielle a l'aspect d'une trame grenue. Dans la substance blanche, la *myéline* apparaît sous forme de petites plaquettes colorées en orange pâle ou en gris bleuâtre.

En résumé, la méthode que nous proposons, appliquée au cortex cérébral, présente les *avantages* suivants :

1° Elle permet de mettre en évidence avec une grande *netteté* les localisations lipidiques du tissu nerveux;

2° En dépit de certaines critiques, il semble bien que la méthode de Ciaccio soit apte à déceler les lipides *masqués* des complexes lipido-protéidiques du tissu nerveux encéphalique;

3° Elle donne également une *bonne image d'ensemble* du tissu nerveux.

Ces avantages confèrent à la méthode que nous avons mise au point un intérêt dont on peut tirer profit dans les recherches d'histopathologie nerveuse.

La séance est levée à 15h 45m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 OCTOBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

A titre exceptionnel, la séance est ouverte à $14^h 30^m$, pour la remise de la médaille Arago à M. **Victor Van Straelen**, Président de l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à celui-ci ainsi qu'au Représentant de M. l'Ambassadeur de Belgique à Paris.

M. **Auguste Chevalier** prononce une allocution. M. **Victor Van Straelen** exprime ses remercîments.

La séance ordinaire est ouverte à $15^h 15^m$.

M. le **Président** annonce la mort, survenue à Paris, le 30 septembre, de M. **Gustave Roussy**, Membre de la Section des Académiciens libres. En l'absence du Président en exercice, la Notice nécrologique traditionnelle n'a pas pu être rédigée; elle sera lue en la prochaine séance.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Johan Arvid Hedvall**, **Carl Olof Gudmund Borelius**, **Gunnar Hägg**, Membres de l'Académie des Sciences de Suède, **Enrico Volterra**, Professeur à l'Université de Rome, **Benjamin Amira**, Professeur à l'Université hébraïque de Jérusalem, **E. J. W. Verwey**, attaché au Laboratoire de physique de Eindhoven, Hollande, qui assistent à la séance.

MÉCANIQUE. — *Sur la synchronisation des systèmes oscillants non linéaires.* Note de M. **Jules Haag**.

La présente Note résume la généralisation des résultats que j'ai obtenus antérieurement sur la synchronisation des systèmes oscillants linéaires (1). Cette généralisation repose sur certains théorèmes concernant des systèmes d'équations différentielles et dont je me borne à donner ici les énoncés.

---

(1) *Ann. fr. de Chronom.*, 1947, p. 201 à 264; *Ann. Éc. Norm.*, (3), 64, p. 285 à 338.

1. Soit le système

$$\frac{dx_i}{dt}=\sum_{j=1}^{m}p_{ij}(t)x_j \qquad (i=1, 2, \ldots, m), \tag{1}$$

où les p_{ij} sont des fonctions de période T. En cherchant les solutions qui sont multipliées par S quand t augmente de T, on obtient une équation en S, de degré m, dont les racines seront appelées les *décréments*.

2. Soit le système

$$\frac{dz_i}{dt}=f_i(z,t) \qquad (i=1, 2, \ldots, m). \tag{2}$$

Les f_i admettent la période T par rapport à t. Considérées comme fonctions des z_j, elles sont continues, ainsi que leurs dérivées premières et secondes, dans un certain domaine (D). On suppose que *le système admet une solution périodique* $Z_i(t)$, de période T. Le domaine (D) est défini par $|z_i - Z_i(t)| < R$. Soit $p_{ij}(t)$ les fonctions obtenues en remplaçant les z_k par les Z_k dans les dérivées $\partial f_i/\partial z_j$. Le système (1) est alors le *système linéaire associé* au système (2).

Soit p le nombre des décréments ayant un module <1. Il existe une multiplicité (D'_0) à p dimensions telle que si la position (z_0) du point (z) pour $t=0$ appartient à (D'_0), la solution correspondante tend vers la solution périodique (Z) pour $t=+\infty$. *Pour que la solution périodique* (Z) *soit stable, il faut et il suffit* que $p=m$, c'est-à-dire *que tous les décréments aient un module* <1.

3. Supposons que *le système* (2) *admette une infinité de solutions périodiques*, dépendant des paramètres $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$. Dans ce cas, le système (1) admet les n solutions périodiques $\partial Z_i/\partial \mu_\alpha$. L'équation en S admet $S=1$ pour racine multiple d'ordre $\geq n$. *Pour que le faisceau des solutions périodiques* (Z) *soit stable, il faut et il suffit que l'ordre de multiplicité de* $S=1$ *soit juste égal à* n *et que les autres décréments aient un module* <1.

4. Soit le système

$$\frac{dz_i}{dt}=f_i(z, t)+\lambda g_i(z, t). \tag{3}$$

Les f_i sont les mêmes que précédemment; ce sont les *fonctions principales*. Les g_i sont des fonctions analogues; ce sont les *fonctions perturbatrices*. Le coefficient λ est constant, positif et arbitrairement petit. On suppose l'existence et la stabilité des solutions périodiques $Z_i(t, \mu)$ du n° 3. Dans ces conditions, on peut former un système de n équations en μ tel que, si λ est assez petit, *le système* (3) *admet une solution périodique qui tend vers* $Z_i(t, \mu)$ *quand* λ *tend vers zéro, pourvu que les* μ_j *vérifient le système ci-dessus*. On peut reconnaître la stabilité de cette solution périodique en formant une *équation de stabilité*, de degré n, dont *toutes les racines doivent avoir leur partie réelle négative*.

5. Si les f_i sont *indépendantes de t* et si l'on connaît une solution périodique $Z_i(t)$, on en a une infinité $Z_i(t+\mu)$. Dans ce cas, il y a une seule équation en μ et l'équation de stabilité est du premier degré; sa racine, ou *indice de stabilité*, doit être < 0.

6. Supposons que les f_i du n° 5 dépendent d'un paramètre α, ainsi que la solution périodique (Z). La période de cette solution est une fonction déterminée $\varphi(\alpha)$, que nous supposons continue, ainsi que sa dérivée. Si l'on donne à α une valeur telle que $T' = \varphi(\alpha)$ soit *très voisin de la période* T *des* g_i; il peut exister, comme au n° 5, une *solution de période* T; son indice de stabilité se calcule comme précédemment.

Si les g_i *sont indépendants de t,* il existe, si λ est assez petit, une solution périodique et l'on peut calculer *l'altération subie par la période* du fait des fonctions perturbatrices.

7. Considérons *n* systèmes (S_j) analogues au système (3). On peut les *coupler* en introduisant des fonctions perturbatrices g_i dépendant de *toutes* les variables figurant dans les *n* systèmes. Soit T_j la *période propre* de (S_j) et T la période des fonctions perturbatrices. Si les rapports T/T_j sont voisins de fractions assez simples, il peut exister une *solution périodique du système complet*; sa période est le p. p. m. c. approché des T_j et de T.

8. Considérons un système à *p* degrés de liberté, soumis à des *forces principales* indépendantes du temps et telles qu'il existe un *mouvement périodique obéissant à ces forces*. Nous dirons que ce système est un *système oscillant*. Les équations différentielles du mouvement sont de la forme (2), avec $m = 2p$. *La condition nécessaire et suffisante de stabilité du système est que tous les décréments aient un module* < 1.

9. *Couplons n systèmes* analogues au précédent, par *inertie* ou par des *forces perturbatrices*. Si celles-ci ont pour période T et si les rapports de T aux périodes propres T_j des *n* systèmes sont voisins de fractions assez simples, il peut exister des *mouvements synchronisés sur les forces perturbatrices* et l'on peut en reconnaître la stabilité. Ceci comprend comme cas particulier la *synchronisation harmonique* ou *sous-harmonique* d'un système oscillant unique.

10. La théorie précédente est applicable à la *synchronisation des oscillateurs de relaxation*. En utilisant mes deux Mémoires relatifs à ces oscillateurs ([2]), on peut établir des *formules asymptotiques* permettant de déterminer approximativement le mouvement synchronisé par une force périodique quelconque, en particulier par une force sinusoïdale.

La même théorie permet aussi de résoudre le problème de la synchronisation de *l'oscillateur de M. Abelé* ([3]).

Les résultats ci-dessus résumés seront développés ailleurs.

([2]) *Ann. Éc. Norm.*, (3), **60**, p. 35 à 111 et (3), **61**, p. 73 à 117.
([3]) *Ann. fr. Chronom.*, 1942, p. 105.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude photométrique et colorimétrique visuelle des planètes Mercure et Vénus.* Note de M. **André Danjon.**

L'étude photométrique des planètes et de leurs satellites peut fournir d'utiles indications sur la nature de leur surface et de leur atmosphère; elle donne entre eux d'intéressants éléments de comparaison. Toutefois, seuls, la Lune, Mercure et Vénus peuvent être observés sous tous les angles de phases possibles. Il m'a paru nécessaire d'améliorer nos connaissances sur les deux planètes inférieures, dont on ne possédait que des observations photométriques peu précises ou mal réparties (la photométrie de la Lune a été soigneusement étudiée par G. Rougier). J'ai entrepris leur étude à l'aide d'un photomètre différentiel *à champs superposés*, des recherches antérieures m'ayant fait apprécier la facilité avec laquelle les instruments de ce type se prêtent à l'élimination des effets nuisibles de l'absorption atmosphérique et de ses fluctuations rapides. Toute méthode qui supposerait la constance de l'absorption pendant une durée supérieure à quelques minutes serait vouée à l'échec. Quant au calcul de l'absorption à l'aide d'une table construite une fois pour toutes, il constitue, si la correction est importante, la principale source d'erreurs de la photométrie astronomique. On ne saurait trop le répéter, nombre d'observateurs conservant des illusions à ce sujet.

En principe, le moment le plus favorable à la comparaison photométrique de deux astres serait celui où, leurs distances zénithales étant égales, la correction d'absorption s'annule. L'application stricte de cette règle conduirait, dans certains cas, à faire les mesures à une faible hauteur sur l'horizon. Il faudrait être assuré que, dans ces conditions, l'absorption est indépendante de l'azimut; or, cette hypothèse n'est légitime que dans des circonstances météorologiques tout à fait exceptionnelles. En fait, il y a toujours avantage à observer les deux astres le plus haut possible dans le ciel, par exemple, lorsque la moyenne de leurs distances zénithales est minimum. La correction n'est pas nulle, il est vrai, mais elle est égale à la différence de deux absorptions faibles, dont le calcul n'offre guère d'incertitude.

Pour comparer, à diverses époques de l'année, Mercure et Vénus à un même astre situé dans leur voisinage, il y a évidemment intérêt à choisir le Soleil. Mais comme la différence de magnitude est alors considérable, on ne cherchera pas à la mesurer, mais seulement à déterminer ses variations, le photomètre étant étalonné sur des étoiles brillantes.

J'ai fait usage d'un photomètre visuel à champs superposés, composé essentiellement de deux lunettes, mobiles l'une par rapport à l'autre. L'une d'elles, retournée, donne une image réduite du Soleil; l'autre, une image faiblement grossie de la planète. Les champs de ces deux systèmes afocaux sont superposés au moyen d'une glace sans tain, qui réfléchit les faisceaux provenant de la

première lunette, et qui transmet ceux de la seconde. Ensuite, ces faisceaux superposés sont admis dans un viseur, petite lunette de grossissement 2,3 où l'on voit simultanément les images quasi ponctuelles du Soleil et de la planète (ou de l'étoile) *sur un même fond lumineux continu*. Ce fond n'intervient pas dans la comparaison photométrique. L'image solaire peut être graduée à volonté à l'aide d'un coin de verre neutre étalonné, grâce auquel on réalise l'égalité en prenant les précautions d'usage.

A la vérité, les deux images à comparer n'ont ni les mêmes dimensions apparentes, ni la même forme, en raison de la phase de la planète. Cependant, je n'ai jamais jugé leur comparaison difficile ni incertaine, car elles apparaissent dans le viseur comme de gros points lumineux de faible diamètre apparent (Soleil, 3'; Mercure, 3' au plus; Vénus, 5' au plus; la seconde lunette possède deux objectifs interchangeables). Il se peut, toutefois, qu'il y ait là une source, mal connue, d'erreurs systématiques non négligeables. Pour de nouvelles observations, je conseillerais de substituer à l'œil une cellule photoélectrique, en l'utilisant, elle aussi, avec *un système optique double à champs superposés*. Les mesures y gagneraient certainement en précision et en objectivité. Des comparaisons photoélectriques soignées du Soleil et des étoiles fourniraient notamment, sur la variabilité éventuelle du Soleil, des données beaucoup plus sûres que les mesures absolues de rayonnement, sujettes aux effets nuisibles de l'absorption totale.

Commencées en 1937 et poursuivies jusqu'à la présente année, les mesures ont été faites alternativement avec un filtre vert et un filtre rouge. La comparaison des deux séries de mesures fournit l'indice de couleur de la planète, celui des étoiles-étalon étant connu. J'ai obtenu, au total, plus de 30 000 pointés photométriques, à raison de 40, en moyenne, par observation. Les mesures ayant été faites un peu avant ou un peu après midi, suivant que la planète précédait ou suivait le Soleil, la correction d'absorption a toujours été faible; sa moyenne arithmétique ne dépasse pas 0,04 en magnitude, pour chacune des planètes. On peut légitimement admettre que, dans les cas les moins favorables, sa valeur calculée est encore exacte à 0,02 près.

Photométrie et colorimétrie de la planète Vénus. — Les déterminations de la magnitude visuelle dans l'échelle internationale, au nombre de 335, sont correctement représentées par la fonction de phase suivante :

$$m♀ = -4{,}14 + 0{,}09\,\frac{\lambda}{100} + 2{,}39\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 - 0{,}65\left(\frac{\lambda}{100}\right)^3 \qquad (\text{pour } r = \Delta = 1),$$

où λ est l'angle de phase exprimé en degrés. L'écart moyen $o - c$ a pour valeur $\pm 0{,}040$ dans tout le domaine de phase étudié, soit de $0°{,}9$ à $170°{,}7$. J'obtiens en outre :

Albedo intégral visuel	A♀ = 0,73
Indice de couleur	C♀ = + 1,00

En dehors des effets de distance et de phase, la magnitude de Vénus ne subit pas de variations appréciables, ce qui s'explique par l'absence de taches contrastées.

A la conjonction inférieure ($\lambda = 180°$), la fonction ci-dessus prend la valeur $-0{,}03$. Ce nombre, résultat d'une interpolation sur un faible intervalle, peut être interprété comme la limite vers laquelle tend la magnitude du croissant de Vénus (pour $r = \Delta = 1$) lorsque l'allongement des cornes en fait un anneau lumineux complet. Contrairement à ce que l'on observe dans le cas de la Lune, corps dépourvu d'atmosphère [1], Vénus ne s'éteint pas à la conjonction inférieure. On notera, toutefois, que la limite obtenue ici correspond seulement à la lumière diffusée par la planète et son atmosphère. Pour des angles de phase très voisins de 180°, et qu'il ne m'a pas été donné d'observer, il se peut que la transmission par réfraction ajoute ses effets à ceux de la diffusion.

Il serait intéressant de comparer la courbe de lumière de Vénus et celle de la Terre, que j'ai déduite de mesures photométriques de la lumière cendrée [2]. Je me propose d'y revenir.

Photométrie et colorimétrie de la planète Mercure. — Les mesures, au nombre de 225, couvrent l'intervalle de phase de 2°,9 à 123°,1. On ne possédait aucune série d'observations pour des phases inférieures à 34°. Quant aux phases supérieures à 125°, elles sont invisibles dans le photomètre. L'ensemble des résultats est représenté par la fonction suivante, valable pour des phases comprise entre zéro et 125°,

$$n_{☿} = -0{,}21 + 3{,}82\frac{\lambda}{100} - 3{,}37\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 + 2{,}00\left(\frac{\lambda}{100}\right)^3 \qquad (\text{pour } r = \Delta = 1).$$

Ici, l'écart moyen, notablement plus élevé que dans le cas de Vénus, atteint $\pm 0{,}094$. La difficulté des mesures ne suffit pas à expliquer de si grands écarts, il faut invoquer en outre l'existence connue de taches bien contrastées à la surface de Mercure. Cette planète présente toujours le même hémisphère au Soleil avec, toutefois, une forte libration en longitude, à laquelle s'ajoute, pour l'observateur terrestre, une importante libration en latitude. La magnitude de Mercure est donc fonction de nombreux paramètres, dont on ne pourrait dégager les effets qu'à l'aide d'observations à la fois très nombreuses et très précises. On a encore :

Albedo intégral visuel .... $A_{☿} = 0{,}063$
Indice de couleur .... $C_{☿} = +1{,}00$.

Ainsi, Mercure et Vénus ont la même couleur, contrairement à l'opinion de

(1) A. Danjon, *L'Astronomie*, 1932, 57 et 1936, 57.
(2) *Ann. Obs. Strasbourg*, 3-III, 1936.

nombreux observateurs qui estiment Mercure plus jaune que Vénus; mais ils l'ont observé à l'œil nu, au voisinage immédiat de son lever ou de son coucher.

Les analogies photométriques de Mercure et de la Lune sont manifestes. Si l'on essaie d'appliquer la courbe de lumière de la Lune sur celle de Mercure, l'écart ne dépasse nulle part 0,10 en magnitude. L'albedo de Mercure, beaucoup plus faible que celui de toutes les autres planètes, est du même ordre de grandeur que celui de la Lune (0,073); les indices de couleur sont également très voisins (Lune + 1,10). Ce sont là des arguments, après plusieurs autres, en faveur d'une ressemblance physique étroite entre ces deux corps célestes.

GÉOCHIMIE. — *Observations sur le cycle du phosphore dans la biosphère.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Pierre Boischot.**

Le phosphore est considéré comme un élément très peu mobile dans la biosphère. Cela tient à ce qu'il est fortement fixé dans les sols à l'état de phosphates très peu solubles dans l'eau. Il en résulte que les pertes dans les eaux de drainage sont assez faibles pour être négligées dans la pratique agricole. Néanmoins, elles doivent être prises en considération quand on envisage le cycle géochimique du phosphore au cours de longues périodes. Pour nous rendre compte de leur importance, nous avons procédé à l'analyse des eaux transportées par nos fleuves en séparant après centrifugation : 1° P minéral dissous; 2° P minéral insoluble; 3° P organique (phytoplankton). Au moment du prélèvement, l'eau a été additionnée de toluène pour la stabiliser.

Le tableau ci-après indique quelques-uns des résultats obtenus en milligrammes de P par mètre cube.

Lieu du prélèvement.	Date.	Eau centrifugée.	Dépôt.	P. total.
Seine :				
Corbeil	Juin	15	19	34
»	Octobre	30	36	66
Paris : Pont de l'Alma.	Avril	29	31	60
Pont de Sèvres..	Janvier (crue)	115	107	222
» ..	Novembre	125	45	170
Rouen	Novembre	90	90	180
Oise :				
Conflans	Juin	74	28	102
Marne :				
Joinville	Septembre	28	86	114
Somme :				
Aval d'Amiens	Juin	45	10	55
Amont d'Amiens	Juin	10	13	23
Cher :				
Tours	Septembre	27	7	34

Lieu du prélèvement.	Date.	Eau centrifugée.	Dépôt.	P. total.
Rhin :				
Kehl	Juillet	53	28	81
Moselle :				
Metz	Juin	14	12	26
Rhône :				
Avignon	Avril	24	org. 28 min. 11	63
Siagne :				
Mandelieu	Juin	6	11	17
Garonne :				
Toulouse	Juin	22	2	24
Bordeaux	Novembre	46	26	72
Loire :				
Blois	Mars	6	org. 38 min. 11	55
Orléans	Novembre	17	95	112
Nantes	Novembre	130	22	152

Ces résultats conduisent aux observations suivantes :

1° Les concentrations sont sensiblement inférieures à celles des solutions des sols du fait à la fois de la rétention exercée par les couches traversées et de la dilution par une proportion variable d'eaux météoriques de surface; il existe une variation saisonnière de cette concentration avec minimum en été et maximum en hiver à l'époque des crues; ce maximum est dû à la fois au lessivage des sols et à l'accroissement des éléments en suspension.

2° La quantité de P soluble augmente brusquement et considérablement lors de la traversée des agglomérations urbaines. C'est ainsi que pour la Seine, la traversée de Paris s'accompagne d'un entraînement supplémentaire de plus de 2 tonnes P_2O_5 par jour.

3° Une fraction variable et parfois très importante de phosphore est imputable aux particules solides entraînées provenant du complexe absorbant des sols.

4° L'apport fluvial de P contribue à enrichir lentement le milieu océanique. Dans le cas de la Méditerranée, la pauvreté en P constatée particulièrement dans la partie orientale est en rapport avec un apport faible par les eaux fluviales. Une partie du phosphore se fixe sur les dépôts terreux des fonds dans les mêmes conditions que pour les sols, c'est-à-dire par absorption au contact des colloïdes argileux. Ces réserves donnent lieu à des équilibres dans les eaux à leur contact; d'où un mécanisme de régulation dans les couches inférieures.

5° La perte totale de phosphore par an et pour l'ensemble de nos fleuves est de l'ordre de 15000 tonnes P_2O_5. Ce chiffre global est sans doute faible par rapport aux exportations des récoltes, mais il n'est pas sans intérêt au point

de vue pédologique. Comparés aux sols jeunes, les sols évolués podzoliques ou latéritiques voient leur teneur en P considérablement abaissée par suite de leur lessivage continu. Du fait de cet appauvrissement, d'importantes surfaces manifestent aujourd'hui une déficience phosphocalcique caractérisée qui comporte des conséquences graves en ce qui concerne la santé de l'homme et des animaux.

En résumé, il y a épuisement progressif des continents en phosphore au profit des océans; les concentrations urbaines et l'érosion jouent un rôle important à cet égard. L'inventaire des ressources existantes montre d'ailleurs la possibilité de faire face pendant des siècles aux besoins de l'agriculture mondiale, sous réserve de procédés de traitement permettant d'accroître économiquement l'efficacité de minerais moins riches que ceux utilisés actuellement.

Rôle des chlorophycées. — Quand on abandonne l'eau de Seine à la température ordinaire et à la lumière, on assiste à une baisse continue du taux de P corrélative d'une multiplication d'algues vertes [Chlorella [1] + Scenedesmus]; cette baisse ne s'observe ni à l'obscurité, ni en présence de toluène; elle se poursuit sensiblement jusqu'à épuisement du milieu en P, l'azote étant en excès.

Nous avons ainsi trouvé dans le cas d'un échantillon d'eau de Seine :

	Au début.	Après 48 heures.	Après 8 jours.	Après 1 mois.	Témoin laissé à l'obscurité.
Milligrammes P_2O_5 par mètre cube....	65	50	30	10	65
Numération par centimètre cube......	2	8	25	60	0

Par ailleurs, nous avons cultivé un mélange de Chlorella de cette origine dans un milieu minéral synthétique analogue renfermant par litre 100^{γ} de P_2O_5 sous forme de phosphate monoammonique et dans des conditions excluant toute précipitation (pH 6,0). Les algues récoltées par centrifugation puis lavées à l'eau distillée ont donné à l'analyse :

Cendres.........................	46,0 %	de matière sèche
Azote total.....................	3,3 %	» »
P_2O_5 minéral..................	1,5 %	» »
P_2O_5 organique................	1,4 %	» »
CaO...........................	20,5 %	» »

Si les microbes sont par excellence des agents de minéralisation de la matière

(1) Les Chlorella peuvent se multiplier à la surface du sol. Une de nos parcelles d'expérience recevant chaque année 400^{kg} de phosphate monoammonique à l'hectare en automne, présente une teinte verte due à ces Chlorophycées lorsqu'en hiver le sol est gorgé d'eau. Ce fait ne s'observant pour aucune des 21 autres parcelles recevant des engrais ou amendements divers, on peut conclure qu'il y a là une action spécifique de l'acide phosphorique en milieu acide (pH 5,0).

organique, les chlorophycées constituent donc des accumulateurs de P et Ca à partir des solutions minérales de très faible concentration que représentent les eaux naturelles dans lesquelles elles se développent. Ces organismes ont vraisemblablement joué un rôle dans la formation des gisements de phosphates à côté de ceux déjà signalés par Cayeux.

BIOLOGIE. — *Sur les écarts dans un clone de* Platynothrus peltifer (*Acarien*). Note de M. **François Grandjean**.

Platynothrus peltifer (Koch) est un Oribate parthénogénétique à reproduction thélytoque indéfinie. Toute la descendance d'un individu a le même germen et constitue ce que l'on appelle un clone. Le clone sur lequel je donne, dans cette Note, des renseignements préliminaires, surtout statistiques, provient d'une larve quelconque, récoltée aux environs de Périgueux et élevée isolément en cellule dans des conditions qui seront décrites ailleurs. Il porte le numéro 17 sur mes fiches d'élevage et se compose de 122 individus de première génération, savoir : 28 larves, 21 protonymphes, 20 deutonymphes, 25 tritonymphes et 28 adultes (femelles). J'ai cherché à obtenir les 5 stases en égal nombre sans y réussir tout à fait.

En vue de noter leurs variations, tous les organes superficiels ont été examinés sur les 122 individus, sur la fondatrice adulte ayant cessé de pondre et sur les 4 exuvies de cette dernière. Ces organes sont les poils, les solénidions, les ongles de l'ambulacre, les cupules et fissures, la bothridie prodorsale, les papilles génitales, l'organe de Claparède et l'organe sexuel. J'ai cependant négligé, parce que cela eût demandé trop de temps, et à cause de certaines difficultés de préparation, les poils eugénitaux des adultes et les cupules hystérosomatiques des nymphes et des larves. Mais la cupule *ih* a été examinée chez les larves, la cupule *ips* chez les protonymphes, la cupule *iad* chez les deutonymphes, les cupules *iad* et *ian* chez les tritonymphes.

Les variations constatées sont anormales ou normales. Les variations anormales, très peu nombreuses, consistent surtout en malformations. Les variations normales, de beaucoup plus importantes, sont des *écarts* (¹), c'est-à-dire des absences (ou des présences) d'organes qui sont d'ordinaire présents (ou absents). La présence ordinaire (ou l'absence) est ici le fait, pour un organe, à une stase, d'exister plus d'une fois sur deux dans le clone (ou de manquer plus d'une fois sur deux).

La définition d'un écart comporte trois éléments : la désignation de l'organe, celle de la stase et le signe (l'écart est par défaut ou par excès). Deux écarts diffèrent si ces trois éléments ne sont pas les mêmes. Ainsi l'absence de la

---

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 861 et 1456; **209**, 1939, p. 814; **213**, 1941, p. 417; **214**, 1942, p. 729; **215**, 1942, p. 216 et 236.

cupule anale *ian*, sur un adulte de *Platynothrus peltifer*, est un écart. L'absence de la même cupule sur une tritonymphe de cet Acarien est un autre écart. Pour mentionner une observation d'écart il faut dire en outre de quel côté est l'écart sur l'individu (à droite seulement, à gauche seulement, des deux côtés à la fois) et de quel individu il s'agit. Dans une statistique d'écarts chaque individu reçoit un numéro d'ordre qui est quelconque, mais qui est spécial à l'individu.

Au total, pour le clone, la fondatrice non comptée, le nombre des observations d'organes a été 49870, celui des observations ayant montré un écart 655, et celui des écarts distincts 137. Beaucoup d'écarts ont été observés plusieurs fois. Je dirai aussi que 655 est le nombre des écarts observés. Cela signifiera qu'un écart quelconque est compté dans ce nombre autant de fois qu'on l'a vu.

Les ongles de l'ambulacre, la bothridie, les papilles génitales, l'organe de Claparède et l'organe sexuel n'avaient pas d'écart dans le clone 17. Ce sont les poils, organes prépondérants par leur nombre (41 980 observations), qui ont fourni presque entièrement le relevé des écarts, comme le montre le tableau suivant :

	Nombre des observations.	Nombre des écarts observés.	Pourcentage d'écarts.
Poils des tarses	17 122	290	1,7
Poils des fémurs	4 586	153	3,3
Autres poils pédieux	8 028	120	1,5
Poils non pédieux	13 822	85	0,6
Solénidions	3 074	3	0,1
Cupules (fissures)	1 550	4	0,2
Autres organes	1 688	0	0
Totaux	49 870	655	1,3

Voici un autre tableau donnant la répartition par stases des 655 écarts observés :

	28 larves.	21 protonymphes.	20 deutonymphes.	25 tritonymphes.	28 adultes.	Totaux.
Poils des tarses	0	0	6	73	211	290
Poils des fémurs	0	12	6	70	65	153
Autres poils pédieux	2	3	35	57	23	120
Poils non pédieux	0	2	5	19	59	85
Solénidions	0	0	1	1	1	3
Cupules (fissures)	0	0	0	3	1	4
Totaux	2	17	53	223	360	655
Moyenne par individu	0,07	0,8	2,6	8,9	12,8	

L'accroissement absolu du nombre d'écarts, pris globalement, est donc énorme au cours de l'ontogenèse. L'accroissement relatif est considérable

aussi. Écrivant aux 5 stases, successivement, de la larve à l'adulte, d'abord les nombres ordinaires de poils pédieux d'un individu, puis, entre parenthèses, les nombres moyens d'écarts observés à ces mêmes poils, on obtient les deux progressions suivantes : 134 (0,07); 154 (0,7); 198 (2,3); 270 (8); 324 (10,7). La première est lente. La seconde est d'abord très rapide. Elle se ralentit à la fin du développement. Avec les autres organes on aurait des progressions de même allure.

La fixité des larves est particulièrement remarquable [2]. Les 28 larves observées n'ont montré, au total, que 2 écarts, l'un au tibia II d'un individu (absence du poil *v'* à droite) et l'autre au tibia III d'un autre individu (absence du poil *l'* à droite). Chaque larve ayant 216 poils, il a fallu examiner 6048 poils pour trouver ces 2 écarts ! Je dédie ces chiffres aux naturalistes, aux acarologues en particulier, qui ne prennent pas les poils au sérieux. Pourvu qu'ils soient vrais (un ornement, un détail cutané quelconque n'est pas un poil) et orthotaxiques (tous le sont chez *Platynothrus peltifer*), les poils justifient au contraire, par la précision de leur comportement, la considération la plus attentive, une considération comparable, par exemple, à celle dont jouissent les dents des Vertébrés.

Ainsi le nombre des individus sans écart était 26 sur 28 à la stase larvaire. A la stase protonymphale il était 10 sur 21. A la stase deutonymphale 4 sur 20. Aux stases tritonymphale et adulte aucun individu n'était sans écart.

Un troisième tableau devrait donner la répartition entre la droite et la gauche, aux 5 stases, des divers écarts observés, mais, la place manquant, j'indique seulement les chiffres totaux : 221 écarts existaient du côté droit seulement des individus qui les portaient, 240 du côté gauche seulement, et 97 des deux côtés, de sorte qu'ils comptent pour 2. En gros ces résultats confirment la règle d'asymétrie, ou plutôt d'indifférence à la symétrie. La proportion de cas symétriques est cependant plus élevée que si l'indifférence était complète.

Enfin le tableau principal devrait énumérer les écarts distincts et faire connaître, pour chacun d'eux, sa fréquence. Ici encore je me borne à des indications. Sur les 137 écarts distincts, 59 n'ont été vus qu'une fois dans le clone, 20 ont été vus deux fois, 10 trois fois, 25 de 4 à 9 fois, 23 de 10 à 26 fois chacun. Ces 23 écarts très communs représentent, à eux seuls, 386 observations sur 655, c'est-à-dire plus de la moitié du nombre total des observations d'écarts.

Les chiffres précédents expriment, sous une forme imparfaite et trop sommaire, mais frappante, la grande sélectivité du phénomène des écarts. Certains organes sont fréquemment touchés, d'autres peu souvent, d'autres jamais. Le caractère aléatoire d'un organe est personnel.

---

(2) Il ne faudrait pas croire qu'elle est due, pour les 28 larves, à l'identité de leurs gènes. Des larves sauvages, récoltées en divers lieux, ont une fixité du même ordre.

Il n'est pas imposé par l'emplacement régional. Sur une partie du corps qui est le siège de beaucoup d'écarts, pour tels organes, on trouve, aussi bien qu'ailleurs, des organes qui sont absolument fixes, quoique homéotypes des premiers. Au tarse I, par exemple, dans le clone 17, le 2[e] poil de l'alignement *l''*, derrière *pl''*, avait 23 écarts par défaut à la stase adulte, sur 56 observations, et le poil *it'* 17 écarts par excès à la stase tritonymphale, sur 50 observations; les poils fastigiaux, tectaux, proraux, unguinaux, etc., ainsi que le famulus, les solénidions et la fissure dorsoproximale n'avaient aucun écart à aucune stase.

La comparaison détaillée des listes d'écarts, à une même stase, par individu, n'est pas favorable à l'idée qu'un écart, s'il existe, entraîne l'existence d'un autre. Nous pouvons dire, au moins en 1[re] approximation, que les écarts sont indépendants les uns des autres, à condition, toutefois, de bien nous rappeler la définition des écarts. Cette définition mentionne la stase. Pour qu'il y ait indépendance entre écarts, il faut qu'il s'agisse d'organes différents observés à la même stase. D'une stase à l'autre d'un même individu, on constate au contraire, dans de nombreux cas, une stricte dépendance entre les écarts d'un organe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les réactions chimiques auxquelles peut s'appliquer le Principe du Travail maximum de Berthelot-Thomsen.* Note (*) de M. **Émile Briner.**

On sait combien le Principe du Travail maximum, tel qu'il a été énoncé pour les réactions chimiques par Berthelot, en France, et, sous une forme un peu différente, par un autre grand thermochimiste, Thomsen, au Danemark, a soulevé de controverses.

Au sujet de la validité théorique de ce principe, rappelons que ce qui détermine et mesure l'affinité de la réaction chimique, n'est pas, comme le principe l'implique, la chaleur de la réaction, mais l'énergie libre de celle-ci.

Il y a cependant tout un groupe de réactions auxquelles le principe de Berthelot-Thomsen peut être appliqué, d'une manière pratiquement correcte, pour la prévision et l'évaluation de l'action exercée sur elles par la présence d'un corps (adjuvant) qui fait varier leur chaleur. Souvent le chimiste, et cela déjà anciennement, afin d'influencer favorablement une réaction, s'est laissé guider par ce mode de raisonner, qui s'apparente à celui dont se sont inspirés Berthelot et Thomsen, et souvent aussi les résultats expérimentaux ont répondu à l'attente.

Pour faire apparaître les conditions qui justifient ce raisonnement, il y a

(*) Séance du 27 septembre 1948.

lieu de s'appuyer sur l'équation fondamentale de la thermodynamique chimique

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

Dans celle-ci ΔG, ΔH et ΔS représentent respectivement les variations d'énergie libre, d'enthalpie et d'entropie, que subit le système par la réaction chimique, ces variations étant, pour simplifier, désignées respectivement des noms d'énergie libre, d'enthalpie et d'entropie de la réaction. Remarquons aussi qu'avec les conventions adoptées l'enthalpie de la réaction aura la valeur changée de signe de la chaleur de la réaction à pression constante Q_p, soit $\Delta H = -Q_p$; si du moins on continue à admettre, selon la thermochimie classique, que Q_p est positif, lorsque la réaction dégage de la chaleur.

Appliquons maintenant l'équation fondamentale à la réaction sans adjuvant (I) et avec adjuvant (II), on aura

$$\text{(I)} \quad \Delta^{\text{I}}G = \Delta^{\text{I}}H - T\Delta^{\text{I}}S; \qquad \text{(II)} \quad \Delta^{\text{II}}G = \Delta^{\text{II}}H - T\Delta^{\text{II}}S,$$

ce qui, en retranchant (II) de (I), conduit à

$$\Delta^{\text{I}}G - \Delta^{\text{II}}G = \Delta^{\text{I}}H - \Delta^{\text{II}}H - T(\Delta^{\text{I}}S - \Delta^{\text{II}}S).$$

On voit alors que le changement, $\Delta^{\text{I}}G - \Delta^{\text{II}}G$ apporté par l'adjuvant à l'énergie libre, est donné exactement par celui $\Delta^{\text{I}}H - \Delta^{\text{II}}H$, apporté à l'enthalpie et par conséquent à $Q_P^{\text{II}} - Q_P^{\text{I}}$, si $\Delta^{\text{I}}S - \Delta^{\text{II}}S = 0$, c'est-à-dire si l'entropie ne subit pas de modification du fait de l'addition de l'adjuvant. Or, cette condition est remplie, d'une manière pratiquement satisfaisante, lorsque l'adjuvant est à l'état solide et se trouve incorporé par la réaction dans un corps également solide. Dans ce cas la constance de l'entropie peut être considérée comme une conséquence de la règle d'additivité des chaleurs atomiques (ou des chaleurs moléculaires), formulées il y a longtemps déjà par Kopp et Neumann, et valable pour les corps à l'état solide [1]. En effet, comme l'entropie d'un corps à la température T est donnée, s'il n'y a pas de changement d'état par la relation

$$S_T = \int_0^T \frac{C_P}{T}\,dT.$$

dans laquelle C_p est la chaleur atomique (ou la chaleur moléculaire) d'un corps à la température T, il s'ensuit que l'additivité des chaleurs C_p implique aussi l'additivité des entropies.

Les calculs portant sur des réactions offrant un intérêt technique, comme la dissociation du sulfate de calcium [2] ou l'hydrolyse du chlorure de calcium

(1) En fait, cette règle n'est pas strictement rigoureuse, comme l'ont montré notamment deux expérimentateurs hollandais Jaeger et Bottema (*Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 37, 1941, p. 853); mais pratiquement elle se vérifie souvent avec une approximation suffisante.

(2) E. Briner, *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 50.

par la vapeur d'eau ([3]), en présence ou en l'absence d'un adjuvant (SiO_2) ont effectivement montré que, pour chaque température et dans un intervalle étendu, l'entropie de la réaction n'a pour ainsi dire pas varié par l'addition de SiO_2 ([4]); ce qui a entraîné, à peu de chose près, les égalités

$$\Delta^{I}G - \Delta^{II}G = \Delta^{I}H - \Delta^{II}H = Q_p^{II} - Q_p^{I}.$$

Mais on peut aller plus loin encore dans l'exploitation pratique de ces déductions, en remarquant que, du fait de l'additivité des chaleurs moléculaires dans l'intervalle de température considéré, les différences $\Delta^{I}H - \Delta^{II}H = Q_p^{II} - Q_p^{I}$ restent pour ainsi dire indépendantes de la température; en raison des valeurs très faibles de $\Delta^{I}S - \Delta^{II}S$, il en sera aussi de même de la différence $\Delta^{I}G - \Delta^{II}G$. C'est ainsi que, dans l'exemple relatif à l'hydrolyse de $CaCl_2$ par la vapeur d'eau, dans l'intervalle de température de 300° K à 1000° K, $\Delta^{I}H - \Delta^{II}H = Q_p^{II} - Q_p^{I}$ n'a varié que de 27,9 à 28,3 k cal et $\Delta^{I}S - \Delta^{II}S$ que de 0 à 0,2 cal/degré.

Cette conséquence permet d'évaluer facilement l'effet produit par un adjuvant dans les réactions du type envisagé; car, comme il sera montré dans une prochaine Note, les calculs des constantes d'équilibre d'un système étudié peuvent être basés directement sur les grandeurs thermochimiques que l'on trouve dans les Tables pour des températures voisines de la température ordinaire.

M. **Joseph Pérès** fait hommage d'un Ouvrage de M. Pierre Vernotte, intitulé *Théorie et pratique des séries divergentes. La sommation des divergentes par l'interpolation idéale*, dont il a écrit la *Préface*.

DÉSIGNATIONS.

M. **André Danjon** est délégué aux Cérémonies qui auront lieu à Clermont-Ferrand, le 10 octobre 1948, à l'occasion du troisième Centenaire des expériences barométriques de Blaise Pascal.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Santiago Antunez de Mayolo. *The neutral element base of matter and probable cause of gravitation*.

([3]) E. Briner et N. Gagnaux, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 563.

([4]) Dans le cas des silicates, un auteur américain, Kelley (*Bureau of Mines*, n° 371, 1934) a précisément relevé l'additivité des entropies, l'entropie d'un silicate étant assez exactement égale à la somme des entropies des oxydes qui le composent.

2° HOWEL WILLIAMS. *The ancient volcanoes of Oregon.*

3° Union internationale pour la protection de la nature. *Pro Natura*, Volume I, n° 1.

4° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Protégeons la nature, elle nous le rendra*, par J.-P. HARROY.

5° Id. *Parle à la terre*, par HENRY-G. MAURICE.

6° Id. *Les Parcs nationaux du Congo belge.*

7° Id. *Les Parcs nationaux et la protection de la Nature.*

8° Id. *Animaux protégés au Congo belge* et *Mammifères et oiseaux protégés au Congo belge*, par S. FRECHKOP. Introductions de VICTOR VAN STRAELEN.

9° Id. *Aspects de végétation des Parcs Nationaux du Congo belge*, Série I. *Parc national Albert.* Volume I, fascicules 1-5.

10° Id. *Premier rapport quinquennal* (1935-1939).

11° Id. *Exploration du Parc national Albert : La faune des grands mammifères de la plaine Rwindi-Rutshuru (Lac Édouard), son évolution depuis sa protection totale*, par E. HUBERT. — *Contribution à l'étude de la morphologie du volcan Nyamuragira*, par R. HOIER. — *Mission G.-F. de Witte* (1933-1935), fascicules 1-48, 50-54. — *Mission P. Schumacher* (1933-1936), fascicules 1, 2. — *Mission H. Damas* (1935-1936), fascicules 1-7, 9-14. — *Mission J. Lebrun* (1937-1938), fascicules 1, 6, 8, 9, 10. — *Mission S. Frechkop* (1937-1938), fascicules 1, 2.

12° Id. *Exploration du Parc national Albert et du Parc national de la Kagera : Mission L. van den Berghe* (1936), fascicules 1, 2.

13° Id. *Exploration du Parc national de la Kagera : Mission S. Frechkop* (1938), fascicules 1, 2.

THÉORIE DES GROUPES. — *La dérivation dans les groupes abéliens localement compacts.* Note de M. **JEAN RISS**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient G un groupe abélien localement compact, $r(R)$ une représentation du groupe additif des nombres réels R dans G, f une fonction définie sur G à valeurs complexes; $f_0 r = f(x + r(t))$ est une fonction complexe de la variable réelle t.

Définition 1. — Si pour $t = 0$, $f(x + r(t))$ admet une dérivée, on dira que c'est la dérivée de f en x suivant la représentation r et on la notera $d_r f(x)$. Si $d_r f(x)$ est définie pour tout x, $x \to d_r f(x)$ est une fonction définie sur G et à valeurs complexes dont on pourra à nouveau, sous réserve d'existence, prendre la dérivée suivant r ou toute autre représentation, d'où la notion de dérivées d'ordre supérieur découle comme dans un R^n.

L'existence d'opérateurs de dérivation est donc liée à celle des représen-

tations r, donc d'après la théorie de la dualité ([1]) à celle des représentations de $\hat{G}$ dans R. Soit alors K l'ensemble des éléments de G images d'éléments de R par une représentation : K est un sous-groupe, dont l'associé K^* dans G annule toutes les représentations, comme il résulte de la relation entre $r(t)$ et sa duale $\hat{l}(\hat{x})$ que l'on peut prendre sous la forme ([2])

$$(r(t),\, \hat{x}) = e^{2i\pi t \hat{l}(\hat{x})}.$$

D'après une Note antérieure ([3]) K^* n'est donc autre que le convexe topologique de l'élément neutre de $\hat{G}$; or, en se servant du fait que tout G est un $R^n \times G_1$, où G_1 contient un sous-groupe ouvert compact, on voit que K^* n'est autre que le produit direct du sous-groupe réduit à l'élément neutre de R^n et du sous-groupe réunion des sous-groupes ouverts compacts de $\hat{G}$. $\overline{K}$ est donc la composante connexe de G. D'où le

Théorème 1. — *Dans tout groupe abélien localement compact la réunion des* $r(R)$, *que l'on peut appeler les sous-groupes à un paramètre, est partout dense dans la composante connexe.*

Définition 2. — On dira que deux opérateurs de dérivation d_r et d_s sont équivalents si quelle que soit la fonction f

$$d_s f(x) = k\, d_r f(x),$$

où k est une constante ne dépendant que de r et s, l'égalité signifiant que si l'un de ses membres existe, l'autre existe et lui est égal. On a le

Théorème 2. — *Soient r et s deux représentations de* R *dans* G, *dont les duales sont* $\hat{l}$ *et* $\widehat{m}$. *Pour que* d_r *et* d_s *soient équivalents il faut et il suffit que l'une des conditions suivantes soit remplie*

(*a*) $$s(t) = r(kt),$$

(*b*) $$\hat{m}(\hat{x}) = k\hat{l}(\hat{x}),$$

(*c*) $$s(R) \sqsubset \quad \text{ou} \quad \sqsupset r(R).$$

Comme exemples de fonctions dérivables citons :

a. les caractères $d_r(x, \hat{x}) = 2i\pi \hat{l}(\hat{x})(x, \hat{x})$, où $\hat{l}$ est la duale de r;

b. les représentations de G dans R : $d_r l(x) = l(r(1))$.

Si nous désignons par $\mathcal{E}$ l'espace des fonctions continues indéfiniment dérivables à dérivées continues, par $\mathcal{D}$ le sous-espace de $\mathcal{E}$ des fonctions à support compact, par $\mathcal{D}_c$ le sous-espace de $\mathcal{D}$ des fonctions à support contenu dans C, on a les deux théorèmes :

([1]) A. Weil, *L'intégration dans les groupes topologiques*, Paris.

([2]) $(x, \hat{x})$ désigne la valeur en x du caractère $\hat{x}$.

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 987.

THÉORÈME 3. — *Pour tout ouvert Ω d'adhérence $\overline{\Omega}$ compacte, il existe $f \geq 0, \not\equiv 0$ et $\in \mathcal{D}_{\overline{\Omega}}$.*

THÉORÈME 4. — *$\mathcal{D}$ est partout dense, au sens de la convergence uniforme sur tout compact, dans l'espace des fonctions continues.*

Pour démontrer ces théorèmes on se sert d'une part d'un théorème de structure déjà rappelé : $G = R^n G_1$ et d'autre part de la notion de régularisée d'une fonction f à support compact par une $\rho \in \mathcal{D}$

$$f \star \rho = \int f(y)\rho(x-y)\,dy$$

qui satisfait à

$$d_r(f \star \rho) = f \star d_r\rho$$

et pour tout $\varepsilon > 0$ l'on peut toujours choisir ρ tel que

$$|f \star \rho - f| < \varepsilon.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrabilité du système différentiel* $(dy_i/dx) = f_i(x, y_1, y_2, \ldots, y_n)$. Note de M. **André Revuz**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Hypothèses. — Les fonctions finies $f_i(x, y_1, y_2, \ldots, y_n)$ définies dans le domaine $R(a < x < b, c_i < y_i < d_i)$, sont soumises aux conditions suivantes :

1° $f_i(x, y_1, \ldots, y_n)$ est, pour x constant, continue par rapport à l'ensemble des variables $y_1, y_2, \ldots, y_n$.

2° Il existe un ensemble E dont la section par tout hyperplan $x = \text{const.}$ est partout dense sur la section de R par le même hyperplan et de chaque point $M^0(x^0, y_1^0, y_2^0, \ldots, y_n^0)$ duquel est issu un arc continu $U(M^0)$.

[L'arc $U(M^0)$ a des équations $y_i = u_i(x, M^0)$, les fonctions u_i étant continues sur un certain segment $x^0 \leq x \leq x^0 + \alpha(M^0)$].

Sur cet arc, les fonctions f_i sont continues en M^0, c'est-à-dire qu'à ε positif arbitraire, on peut faire correspondre $\omega(\varepsilon, M^0)$ tel que, si $x^0 \leq x < x^0 + \omega$, on ait

$$|f_i[x, u_1(x, M^0), \ldots, u_n(x, M_0)] - f_i(x^0, y_1^0, \ldots, y_n^0)| < \varepsilon.$$

3° $u_i(x, M^0)$ possède sur $x^0 \leq x \leq x^0 + \alpha$ une dérivée à droite $u'_i(x, M^0)$ sommable sur ce segment, continue au point x^0, et valant $f_i(x^0, y_1^0, y_n^0)$ pour $x = x^0$.

4° Toutes les fonctions $u'_i(x)$ sont bornées par une même fonction $M(x)$ sommable sur (a, b).

Remarque. — Une partie des conditions 2° et 3° peut s'énoncer d'une manière moins précise, mais plus imagée; les fonctions f_i sont en chaque point M^0 continues dans la direction $\Delta(M^0)$, si $\Delta(M^0)$ est la demi-droite contenue dans le demi-espace $x \geq x^0$ et de coefficients directeurs $1, f_1(x^0, y_1^0, \ldots, y_n^0), \ldots, f_n(x^0, y_1^0, \ldots, y_n^0)$.

THÉORÈME I. — *Une fonction $f(x, y_1, y_2, \ldots, y_n)$ remplissant les conditions 1° et 2° est ponctuellement discontinue sur toute courbe continue*

$$y_i = \varphi_i(x) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

contenue dans R, *c'est-à-dire que la fonction $f(x, \varphi_1(x), \varphi_2(x), \ldots, \varphi_n(x))$ est ponctuellement discontinue.*

Deux lemmes mènent à ce théorème :

Soit $\alpha_\sigma(A)$ la borne supérieure stricte du rayon des boules de centre $A(x^0, y_1^0, \ldots, y_n^0)$ contenus dans l'hyperplan $x = x^0$ et à l'intérieur desquelles l'oscillation de f est inférieure au nombre positif σ.

LEMME I. — *$\alpha_\sigma(x, y_1, \ldots, y_n)$ est semi-continue supérieurement à droite.*

J'entends par là qu'à tout nombre positif ε, on peut faire correspondre η tel que

$$0 \leq x - x_0 < \eta \quad et \quad |y_i - y_i^0| < \eta \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

entraînent

$$\alpha_\sigma(x, y_1, \ldots, y_n) < \alpha_\sigma(x^0, y_1^0, \ldots, y_n^0) + \varepsilon.$$

LEMME II. — *Tout arc d'une courbe continue $[y_i = \varphi_i(x)]$ contenue dans* R, *contient un arc sur lequel le minimum de $\alpha_\sigma(x, \varphi_1(x), \ldots, \varphi_n(x))$ est positif.*

THÉORÈME II. — *De tout point de* R *est issue au moins une intégrale à droite, c'est-à-dire une courbe continue, contenue en* R, *d'équations $y_i = y_i(x)$ vérifiant $y_i' = f_i[x, y_1(x), \ldots, y_n(x)]$ pour $x \geq x_0$, sauf peut-être aux points d'un ensemble* MINCE *et* GERBÉ.

Ces intégrales forment une famille normale. Dans le cas d'une seule équation, on en conclut aisément l'existence d'une intégrale supérieure et d'une intégrale inférieure issues d'un point A°. Mais tout point situé dans la région comprise entre ces deux intégrales n'est pas forcément atteint par une intégrale issue de A°. Il en serait ainsi si les conditions 2° et 3° étaient vérifiées aussi bien à gauche qu'à droite.

Les résultats ci-dessus qui ne sont évidemment pas plus généraux que ceux de la belle théorie des champs réguliers de M. Marchaud [1], n'en constituent pas non plus un cas particulier. C'est ce qu'établit un exemple de fonction $f(x, y)$ vérifiant les conditions 1, 2, 3, 4 et possédant un ensemble dénombrable partout dense dans le plan de points de discontinuité en lesquels le champ qu'elle définit n'est pas régulier.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines chaînes à liaisons complètes.* Note de MM. **IONESCU TULCEA** et **G. MARINESCU**, transmise par M. Émile Borel.

1. Soit E un ensemble quelconque, S un ensemble distancié, complet et compact, $\mathcal{F}$ une classe additive de parties de E et P (t, A) une fonction réelle

(1) *Bull. Sc. Math.*, 62, 1934.

définie sur $S \times \mathcal{F}$ ayant les propriétés : *a*. $0 \leq P(t, A) \leq P(t, E) \leq 1$; *b*. $P(t, A)$ est, pour t fixe, complètement additive sur $\mathcal{F}$; *c*. quels que soient A, t_1, t_2, $|P(t_1, A) - P(t_2, A)| \leq H.(t_1, t_2)$, H étant une constante et (t_1, t_2) la distance entre t_1 et t_2. Soit pour tout $x \in E$ une transformation univoque $y(t, x)$ de S dans S satisfaisant aux conditions : (*i*) $[y(t_1, x), y(t_2, x)] \leq r(t_1, t_2)$ où r est une constante comprise entre 0 et 1, indépendante de x et du couple t_1, t_2; (*ii*) pour t fixe et tout ensemble borélien $B \subset S$, $\{x \mid y(t, x) \in B\} \in \mathcal{F}$. Soit encore (CL) l'espace de Banach des fonctions $f(t)$ à valeurs réelles ou complexes définies sur S telles que le rapport $|f(t_1) - f(t_2)|/(t_1, t_2)$ ait une borne supérieure finie $m(f)$ quand t_1 et t_2 parcourent l'ensemble S; la norme dans (CL) est $\|f\| = m(f) + \max|f(t)|$ sur S.

Alors pour toute fonction $f(t) \in (CL)$ et t fixe, $f[y(t, x)]$ est, comme fonction de x, $\mathcal{F}$-mesurable. On peut définir, donc, sur (CL) l'opération

$$T[f] = \int_E P(t, dx) f[y(t, x)];$$

on démontre que son contredomaine est contenu dans (CL) et qu'elle est distributive et bornée.

2. Le but de cette Note est de donner les théorèmes suivants concernant l'opération T, et de les appliquer ensuite, à l'étude de certaines *chaînes à liaisons complètes* [que l'on pourra appeler *chaînes* (A), car ils représentent une généralisation de cette notion introduite par W. Dœblin et R. Fortet [1] dans le cas où l'ensemble des états possibles est fini] :

THÉORÈME 1. — *L'opération* T *est quasi complètement continue* [2] *et les normes* $\|T^n\|$ *sont uniformément bornées.*

THÉORÈME 2. — *Si* $P(t, E) = 1$, *quel que soit* t, 1 *est valeur propre de l'opération* T.

3. Soit U un système aléatoire dont l'ensemble des états est supposé distancié, complet et compact. Si l'on prend : α. pour E, l'ensemble des états du système U, β. pour S, l'ensemble des suites $\{\ldots, x_{-n}, \ldots, x_{-1}, x_0\}$ formées des éléments de E, avec la distance entre $t_1 = \{\ldots, x^1_{-n}, \ldots, x^1_{-1}, x^1_0\}$ et $t_2 = \{\ldots, x^2_{-n}, \ldots, x^2_{-1}, x^2_0\}$ définie par $(t_1, t_2) = \sum_{n=0}^{\infty} r^n (x^1_{-n}, x^2_{-n})^*$ où $(x^1_{-n}, x^2_{-n})^*$ est la distance dans E et $0 < r < 1$ (cet ensemble de suites est complet et compact), γ. pour $\mathcal{F}$ une classe additive des parties de E, contenant les ensembles boréliens, δ. pour $P(t, A)$ la probabilité que le système U soit dans un état appartenant à A, une unité de temps après avoir parcouru la suite des états t

---

(1) *Sur des chaînes à liaisons complètes* (*Bull. Soc. Math. France*, 65, 1937, p. 133).

(2) K. YOSIDA, *Quasi completely linear functional operations* (*Japan, Journal of Math*, 15, 1939, p. 297.

probabilité supposée déterminée comme fonction de t et satisfaisant aux conditions (b), (c) et (a') $0 \leqq P(t, A) \leqq P(t, E) = 1$, ($\varepsilon$) pour $y(t, x)$ la transformation qui fait passer de $t = \{\ldots, x_{-n}, \ldots, x_{-1}, x_0\}$ en $\{\ldots, x_{-n+1}, \ldots, x_0, x\}$ [cette transformation satisfait aux conditions (i), (ii)], alors par l'intermédiaire de l'opération correspondante T on peut définir les fonctions $P^n(t, A) = T^{n-1}[P(t, A)]$ $(n \geqq 1)$, qui représentent la probabilité que le système U soit dans un état appartenant à A, n unités de temps après avoir parcouru la suite t. Ce sont les probabilités $P(t, A)$ qui déterminent, dans E, la chaîne à liaisons complètes.

En utilisant les théorèmes 1 et 2 on obtient :

THÉORÈME 3. — *Si $c_1 = 1, c_2, \ldots, c_p$ sont les valeurs propres de module* 1, *de l'opération* T, *alors pour chaque entier positif n,*

$$P^n(t, A) = \sum_{i=1}^{p} \frac{1}{c_i^n} P_i^\star(t, A) + R^n(t, A)$$

et

$$\underset{A \in \mathcal{F}}{\text{borne sup}} \left\| \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} c_i^n p^n(t, A) - P_i^\star(t, A) \right\| \leqq \frac{M}{n}, \quad \underset{A \in \mathcal{F}}{\text{borne sup}} \| R^n(t, A) \| \leqq \frac{M}{(1+h)^n},$$

M *et h étant deux constantes positives convenablement choisies.*

En utilisant une méthode de MM. O. Onicescu et G. Mihoc ([3]) et les théorèmes concernant l'opération T, on démontre :

THÉORÈME 4. — *S'il existe un point $x_0 \in E$ et un nombre positif r tel que $P(t, A) \geqq r$ quel que soit $t \in S$ si $A \ni x_0$,* T *n'a que $c_1 = 1$ comme valeur propre de module* 1, *et $P_1^\star(t, A) = P_1^\star(A)$ est indépendant de t; pour chaque n positif*

$$\underset{A \in \mathcal{F}}{\text{borne sup}} \| P^n(t, A) - P_1^\star(A) \| \leqq \frac{M}{(1+h)^n},$$

M *et h étant des constantes positives convenablement choisies.*

4. *Observations.* — Les théorèmes 1 et 2 donnés par W. Dœblin et R. Fortet (mémoire cité p. 134) s'obtiennent des théorèmes 3 et 4 en particularisant l'ensemble E et la distance définie dans E; il suffit de prendre $E = [e_1, \ldots, e_m]$, et $(e_i, e_j) = 1$ si $i \neq j$, $= 0$ si $i = J$. De même l'opération introduite par ces auteurs (p. 143) est une forme particulière de l'opération T.

([3]) *Sur les chaînes des variables statistiques* (*Bull. Sc. Math.*, 59, 1935, p. 179-184).

MÉCANIQUE ONDULATOIHE. — *Opérateurs du premier et du deuxième ordre. Rôle de l'hermiticité dans leur détermination. Hamiltonien dans le cas d'un champ électromagnétique. Intégrale première du premier ordre. Signification physique des grandeurs mesurables liées aux intégrales du premier ordre et du deuxième ordre.* Note (*) de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons vu dans notre dernière Note [1] que l'étude de la condition E_2 permettait d'énoncer un principe de formation des opérateurs du deuxième ordre. Les résultats obtenus pour les cas du premier ordre [2] et [3] ne nous ont pas permis de donner par une induction analogue, la forme de la fonction R_1 de l'opérateur $A \equiv -(h/2\pi)\Sigma_i Q_i(\partial/\partial q_i) + R_1$ fournissant par l'approximation de l'optique géométrique, la fonction $F = \Sigma_i Q_i p_i$.

La notion d'hermiticité permet d'énoncer sous forme de théorème le résultat obtenu pour le deuxième ordre, elle fournit également la forme de l'opérateur du premier ordre.

La condition

$$\int_D f A(e)\, d\tau = \int_D e A^*(f)\, d\tau,$$

est exprimée dans un espace euclidien auxiliaire $q_1, q_2, \ldots, q_n$.

Le domaine D est arbitraire, les fonctions e et f sont nulles sur la paroi S de D.

La nature riemannienne de l'espace de configuration se manifeste par la présence de sa capacité tensorielle $\sqrt{g}$ dans $d\tau = \sqrt{g}\, dq_1\, dq_2 \ldots dq_n$.

La formule d'Ostrogradsky permet d'obtenir les deux théorèmes.

Théorème I. — *L'opérateur hermitien correspondant à* $\Sigma_i Q_i p_i$ *est*

$$-\frac{h}{2\pi i}\sum_i Q_i \frac{\partial}{\partial q_i} + \frac{1}{2\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial q_i}(Q_i\sqrt{g}).$$

Théorème II. — *L'opérateur hermitien correspondant à la fonction* $\Sigma_{ik} P_{ik} p_i p_k$ *est*

$$-\frac{h^2}{4\pi^2}\sum_{ik} P_{ik}\frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial q_i}(P_{ik}\sqrt{g})\frac{\partial}{\partial q_k} + R,$$

R *arbitraire*.

$\sqrt{g}$ capacité tensorielle de l'espace de configuration.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 261-263.

[2] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 224 et 798.

[3] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1209-1210.

L'*hamiltonien quantique* exact dans le champ électromagnétique est alors de la forme

$$(1)\quad \mathrm{H} \equiv -\frac{h^2}{8\pi^2}\Sigma_{ik}\, g^{ik}\frac{\partial^2}{\partial q_i \partial q_k} + \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial q_i}(g^{ik}\sqrt{g})\frac{\partial}{\partial q_k} + \frac{h}{2\pi i}\mathrm{L}i\,\Sigma'\frac{\partial}{\partial q_i} + \frac{1}{2\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial q_i}(\mathrm{L}i\sqrt{g}) + u;$$

g et g^{ik} ont la signification habituelle. Le temps n'influe pas sur la forme de ces opérateurs.

On déduit les coefficients $\mathrm{L}i$ de (1) des composantes du potentiel vecteur par le changement de variables coordonnées cartésiennes (C), coordonnées curvilignes q_1, q_2, q_n, de l'espace de configuration (R). Quand R est également cartésien, R est la demi-divergence du potentiel vecteur donc nul, car celui-ci est solénoïdal.

Intégrales premières du premier ordre. — Les équations (II) de (2) et (3) montrent que R_1 est nul. Pour un champ électromagnétique, les résultats précédents conduisent à remplacer (V) ou (TI) de (3) par l'équation

$$\Sigma_i \mathrm{A}_i \frac{\partial^2 \mathrm{R}}{\partial q_i{}^2} + \mathrm{A}_i\frac{\partial}{\partial q_i}\log \mathrm{A}_i\sqrt{g}\,\frac{\partial \mathrm{R}}{\partial q_i} - 2\mathrm{Q}_i\frac{\partial \mathrm{R}_1}{\partial q_i} = 0, \qquad \mathrm{R}_1 = \frac{1}{2\sqrt{g}}\Sigma'_i\frac{\partial}{\partial q_i}(\mathrm{L}i\sqrt{g}).$$

Cette condition est vérifiée du fait des équations déduites du crochet de Poisson; on a donc dans tous les cas :

Théorème. — *Une intégrale première linéaire donne lieu à une intégrale première quantique dans le problème correspondant. Le temps n'influe pas sur la forme de ces résultats.*

Signification physique. — La mécanique analytique fournit une explication physique de ces intégrales premières. Celles-ci correspondent à la possibilité d'une mesure simultanée avec l'énergie. On montre en effet qu'à une intégrale linéaire correspond toujours à un déplacement virtuel ([4]). On conçoit donc, que la mesure d'une telle grandeur soit possible sans perturber l'évolution du système. Un fait analogue se produit pour les intégrales à deux paramètres du deuxième ordre ([5]) pour lesquelles la possibilité de la mesure est liée à la séparation des variables dans l'équation d'onde.

Nos notes ([5]) et ([6]) montrent qu'en général, cette mesure est impossible pour le deuxième ordre.

CHALEUR. — *Détermination d'une formule donnant le coefficient de conduction thermique de corps granuleux sphériques*. Note de M. **Marcel Devienne**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Smoluchovski et Hengst ont donné l'un et l'autre deux formules permettant de suivre avec une approximation assez grande la variation du coefficient de

([4]) *Dynamique des systèmes matériels* (Delassus), p. 129.
([5]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1506-1508.
([6]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1174-1175.

conduction thermique des corps granuleux en fonction de la pression du gaz interstitiel. Ces formules sont les suivantes :

$$\lambda = C\lambda_c \log_e\left(1 + \frac{r}{g}\right) + \lambda_r,$$

$$\lambda = B\frac{\pi}{2}\frac{\lambda_c}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\left[\frac{1+\frac{g}{r}}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\log_e\frac{1+\frac{g}{r}}{\frac{\lambda_c}{\lambda_s}+\frac{g}{r}} - 1\right] + \lambda_r + \lambda_c\left(1 - \frac{\pi}{4}\right),$$

λ_r étant le coefficient de conduction thermique de la poudre dans le vide, g la longueur du saut de température et r le rayon des grains.

Les constantes C et B sont déterminées expérimentalement par la mesure à la pression ordinaire du coefficient de conduction thermique. Autrement dit, les formules ne permettent pas de calculer directement ce dernier coefficient, connaissant le coefficient de conduction thermique λ_s de la matière constituant les grains et celui λ_c du gaz interstitiel. Nous avons essayé d'obtenir une formule qui permette de calculer directement le coefficient de conduction thermique à partir des coefficients précédents, du rayon des grains et de la porosité de la poudre, c'est-à-dire de la fraction de volume interstitiel.

Pour cela nous avons remarqué que la porosité ϖ d'une poudre est comprise entre celle d'un arrangement cubique et celle d'un arrangement tétraédrique des grains sphériques; ce qui nous amène à considérer une poudre comme un mélange de ces arrangements. On démontre alors que, si x désigne la probabilité pour qu'une sphère appartienne à un arrangement cubique, on a

$$\varpi = 0{,}476\,x + (1 - x)\,0{,}261.$$

D'autre part, si l'on désigne par $\overline{Q}_1$ et $\overline{Q}_2$ les quantités de chaleur moyenne échangées par les sphères appartenant respectivement aux dispositifs cubiques et tétraédriques on a

$$\overline{Q} = x\overline{Q}_1 + (1 - x)\overline{Q}_2.$$

On démontre également que si Q_0 désigne la quantité de chaleur échangée entre deux sphères dont la différence de température au centre est égale à $\Delta\theta$ et dont le gradient de température est parallèle à la direction des rayons communs aux deux sphères, on a

$$\overline{Q}_1 = \frac{3}{2}Q_0,$$

$$\overline{Q}_2 = \left(\frac{\sqrt{6}}{2} + 1\right)Q_0.$$

Avec

$$Q_0 = (\Delta\theta)\,\pi r\frac{\lambda_c}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\left[\frac{1+\frac{g}{r}}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\log_e\frac{1+\frac{g}{r}}{\frac{\lambda_c}{\lambda_s}+\frac{g}{r}} - 1\right].$$

Finalement on aboutit à la formule suivante

$$\lambda = D\frac{\pi}{2}\frac{\lambda_c}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\left[\frac{1+\frac{g}{r}}{1-\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}\log_e\frac{1+\frac{g}{r}}{\frac{g}{r}+\frac{\lambda_c}{\lambda_s}}-1\right]+\lambda_r.$$

La constante D étant donnée par l'équation

$$D = 1,5 + 0,725\frac{0,476-\overline{\omega}}{0,215},$$

dans laquelle la porosité $\overline{\omega}$ est facilement obtenue par la détermination de la masse spécifique de la poudre.

Cette formule a été vérifiée dans le cas de nos expériences sur des petites billes d'acier, de plomb, de verre de différents diamètres et dans le cas des expériences de Kling qui a opéré avec des billes d'acier de $3^{mm},18$ dans l'air et dans l'hydrogène. La formule est vérifiée dans tous les cas avec une précision supérieure à 20 %.

Par exemple Kling trouve expérimentalement 0,45 kcal/m h °C alors que théoriquement on trouve, 0,436 kcal/m h °C, le milieu interstitiel étant l'air; dans le cas de billes d'acier dans l'hydrogène on trouve théoriquement 1,98 kcal/m h °C et Kling obtient expérimentalement 1,76 k cal/m h °C.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle méthode pour accroître la sensibilité à la tension des galvanomètres à cadre mobile.* Note de M. **Jean Coursaget**, présentée par M. Aimé Cotton.

On obtient un galvanomètre sensible au courant en utilisant un flux magnétique intense et une constante de torsion faible; mais la résistance critique correspondante est élevée si bien que, pour un appareil travaillant en régime d'amortissement critique, la sensibilité à la tension est médiocre. Pour l'améliorer, on sait que l'on est conduit à diminuer l'intensité du champ magnétique, ce qui peut sembler paradoxal.

Nous avons réalisé un dispositif, adaptable à tout galvanomètre, qui permet de réduire à volonté l'amortissement électromagnétique tout en conservant le flux primitif. On peut ainsi atteindre de très hautes sensibilités à la tension. Il est également possible de diminuer la période.

Considérons l'équation classique du mouvement de l'équipage d'un galvanomètre à cadre usuel :

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{\Phi_0^2}{R}\frac{d\theta}{dt}+C\theta=\Phi_0 i_0.$$

On peut l'écrire sous la forme

$$\frac{RI}{\Phi_0}\frac{d^2\theta}{dt^2}+\Phi_0\frac{d\theta}{dt}+\frac{RC}{\Phi_0}\theta=Ri_0.$$

Le second membre représentant une chute de tension, les trois termes du premier membre sont homogènes à une différence de potentiel.

Imaginons qu'on puisse appliquer au galvanomètre des tensions auxiliaires de la forme $\alpha(d^2\theta/dt^2)$ et $\beta(d\theta/dt)$ où α et β sont des constantes réglables, positives ou négatives. L'amortissement et la période de l'appareil seront alors réglables à volonté. On pourrait également penser à introduire une tension $\gamma\theta$; mais il est encore plus simple d'utiliser un couple magnéto-cristallin réglable en adoptant un dispositif dont le principe a été donné par M. G. Dupouy [1]. L'équation du mouvement s'écrit alors

$$\left(\frac{\mathrm{RI}}{\Phi_0}+\alpha\right)\frac{d^2\theta}{dt^2}+(\Phi_0+\beta)\frac{d\theta}{dt}+\left(\frac{\mathrm{RC}}{\Phi_0}+\gamma\right)\theta=\mathrm{R}i_0.$$

Les forces électromotrices $\alpha(d^2\theta/dt^2)$ et $\beta d\theta/dt$ sont fournies par deux enroulements B_1 et B_2 placés dans l'entrefer d'un aimant permanent et soumis à des rotations proportionnelles à celle du cadre du galvanomètre.

L'enroulement B_1, en série avec l'appareil de mesure, introduit une force électromotrice $\beta(d\theta/dt)$ dont le coefficient β peut être modifié grâce au shunt magnétique de l'aimant. Le bobinage est effectué avec du fil de cuivre de diamètre suffisamment élevé pour que sa résistance soit très petite par rapport à celle du galvanomètre.

L'enroulement B_2, en série avec un condensateur de capacité C, est placé en dérivation aux bornes de l'appareil de mesure. Si la résistance R_2 de cet enroulement est choisie de telle sorte que le produit R_2C soit très petit comparé à la période T_0 du galvanomètre, la différence de potentiel aux bornes du condensateur est pratiquement égale à la force électromotrice $\Phi_2(d\theta/dt)$ qui prend naissance dans l'enroulement, si bien que la charge Q du condensateur et l'intensité I dans son circuit sont données par les expressions

$$\mathrm{Q}=\Phi_2\mathrm{C}\frac{d\theta}{dt},\qquad \mathrm{I}=\Phi_2\mathrm{C}\frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

La chute de tension qui en résulte aux bornes du galvanomètre est de la forme $\alpha(d^2\theta/dt^2)$ et l'emploi d'un condensateur variable permet de modifier le coefficient α, c'est-à-dire la période de l'instrument.

Le sens des connexions détermine le signe des coefficients α et β.

Les rotations des enroulements B_1 et B_2 sont obtenues de la façon suivante : Une cellule photo-électrique mobile, située au niveau de l'échelle graduée, accompagne le spot lumineux dans ses déplacements. Elle est entraînée par un petit moteur à champ tournant dont la rotation, dans l'un ou l'autre sens, est provoquée par l'action de deux thyratrons. Ce dispositif a déjà été utilisé pour

---

[1] G. Dupouy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1290.

enregistrer les déviations d'un galvanomètre (2). Un système simple transforme ces mouvements de translation en mouvements de rotation qui sont communiqués au cadre porteur des enroulements B_1 et B_2.

Les résultats suivants ont été obtenus au moyen de cette méthode :

	Période (sec).	Résistance critique (ohms).	Sensibilité à la tension (V/mm à 1m).
Sans cadre couplé	8,5	250	$7{,}0.10^{-8}$
Avec cadre couplé	5,0	30	$0{,}8.10^{-8}$

Cette haute sensibilité a pu être atteinte sans altérer ni la stabilité du zéro ni la fidélité de l'instrument, puisque seul le régime des oscillations est modifié et qu'aucune action ne s'exerce sur l'équipage au repos.

Il est possible de diviser la résistance critique par un coefficient bien supérieur à 10, mais il est évidemment sans intérêt de la réduire à une valeur inférieure à la résistance du circuit de mesure. La période peut atteindre la moitié de sa valeur primitive.

Il est donc permis d'espérer que cette méthode sera utile aux chercheurs qui doivent faire appel à la mesure des forces électromotrices très faibles.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la réduction de la distorsion de phase dans les amplificateurs à circuits décalés.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

En notation complexe, le gain d'un étage à circuit résonnant simple s'exprime, à une constante multiplicative près, par la formule suivante

$$(1)\qquad G(\omega)=A(\omega)\,e^{j\varphi(\omega)}=\left[1+jQ\left(\frac{\omega}{\eta}-\frac{\eta}{\omega}\right)\right]^{-1}$$

ou

$$(1')\qquad G(\omega)=\left[j\frac{Q}{\omega\eta}(\omega-b-ja)(\omega+b-ja)\right]^{-1}.$$

Dans cette formule, ω désigne la pulsation du signal sinusoïdal appliqué à l'entrée, Q la surtension du circuit, η la pulsation de résonance, b la pulsation des oscillations libres, a leur décrément logarithmique. Ces grandeurs vérifient les relations classiques

$$(2)\qquad b^2=\eta^2-a^2,$$

$$(3)\qquad a=\frac{\eta}{2Q}.$$

En prenant la dérivée logarithmique d'ordre q des deux membres de

(2) D. J. Pompeo et C. J. Penther, *Rev. Sc. Instr.*, V., 13, 1942, p. 218.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

l'équation (1′), nous obtenons

$$\frac{d^q \log A}{d\omega^q} + j\frac{d^q \varphi}{d\omega^q} = (-1)^q (q-1)!\,[-\omega^{-q} + (\omega - b - ja)^{-q} + (\omega + b - ja)^{-q}],$$

de sorte que $d^q\varphi/d\omega^q$ est donné par la partie imaginaire de l'expression

$$(4) \qquad (-1)^q (q-1)!\,[(\omega - b - ja)^{-q} + (\omega + b - ja)^{-q}].$$

Dans le cas d'un amplificateur constitué par une cascade de n circuits résonnants simples, cette expression devient

$$(4') \qquad (-1)^q (q-1)!\sum_{i=1}^{n}[(\omega - b_i - ja_i)^{-q} + (\omega + b_i - ja_i)^{-q}].$$

Si l'on pose

$$r_i^2 = (\omega - b_i)^2 + a_i^2, \qquad r_i'^2 = (\omega + b_i)^2 + a_i^2,$$

$$\theta_i = \operatorname{arctg}\frac{a_i}{\omega - b_i}, \qquad \theta_i' = \operatorname{arctg}\frac{a_i}{\omega + b_i},$$

on peut mettre $d^q\varphi/d\omega^q$ sous la forme

$$(5) \qquad (-1)^q (q-1)!\sum_{i=1}^{n}(r_i^{-q}\sin q\,\theta_i + r_i'^{-q}\sin q\,\theta_i').$$

La distorsion de phase sera minimum à une pulsation ω déterminée si l'on choisit les a_i et les b_i de manière à annuler (5) pour toutes les valeurs de q depuis 2 jusqu'à l'ordre le plus élevé possible. La pulsation ω sera choisie avantageusement au milieu de la bande passante de l'amplificateur.

Lorsque les surtensions sont élevées et les écarts de fréquence faibles, on peut confondre η et b, et négliger $r_i'^{-q}$ devant r_i^{-q}. A ce degré d'approximation, on constate que toutes les dérivées d'ordre pair s'annulent lorsque les fréquences de résonance des différents circuits sont symétriques par rapport à la fréquence médiane, et que les surtensions des circuits symétriquement décalés sont égales.

Toujours au même degré d'approximation, l'étude de l'expression (5) conduit aux résultats suivants :

1° Dans le cas de deux circuits décalés, on annule la dérivée d'ordre 3 à la fréquence médiane en satisfaisant à la relation

$$\frac{B}{\Delta} = 2\sqrt{3},$$

$\Delta = (1/2)|\eta_2 - \eta_1|$ étant l'écart entre la fréquence médiane et l'une ou l'autre des fréquences d'accord des deux circuits, et B leur bande passante à $3\,db$ ($B = \eta/Q$). La première dérivée non nulle est alors d'ordre 5.

2° Dans le cas de trois circuits, on peut annuler les dérivées d'ordre 3 et 5.

Les deux premiers circuits sont encore symétriques par rapport à la fréquence médiane, qui est aussi la fréquence d'accord du troisième. Le décalage Δ des deux premiers circuits, leur bande B_1 et la bande B_3 du troisième doivent vérifier les relations

$$\frac{B_1}{\Delta} = 2,097, \quad \frac{B_3}{\Delta} = 2,647.$$

La première dérivée non nulle est alors d'ordre 7.

Dans les deux cas, la courbe d'amplitude est arrondie, du fait que l'écart des circuits extrêmes est plus faible que dans le cas où l'on recherche le maximum de platitude de la courbe d'amplitude. Ce résultat est conforme à une règle générale établie dans une Note précédente (¹).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique de l'azulène.* Note de Mme **Alberte Pullman** et M. **Gaston Berthier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons étudié dans un travail récent (¹) la structure électronique du benzofulvène, isomère du naphtalène. La présente Note précise la répartition du nuage électronique dans l'azulène qui est un autre isomère du naphtalène.

Étude à l'aide de la méthode de la mésomérie. — En principe, le jeu complet des formules canoniques contribuant à l'état réel de la molécule est constitué par 2 formules kékuléennes (type *fig.* 1*a*) et 15 formules monoexcitées (type *fig.* 1*b*). Contrairement à ce qui a lieu dans le cas du benzofulvène, le choix de

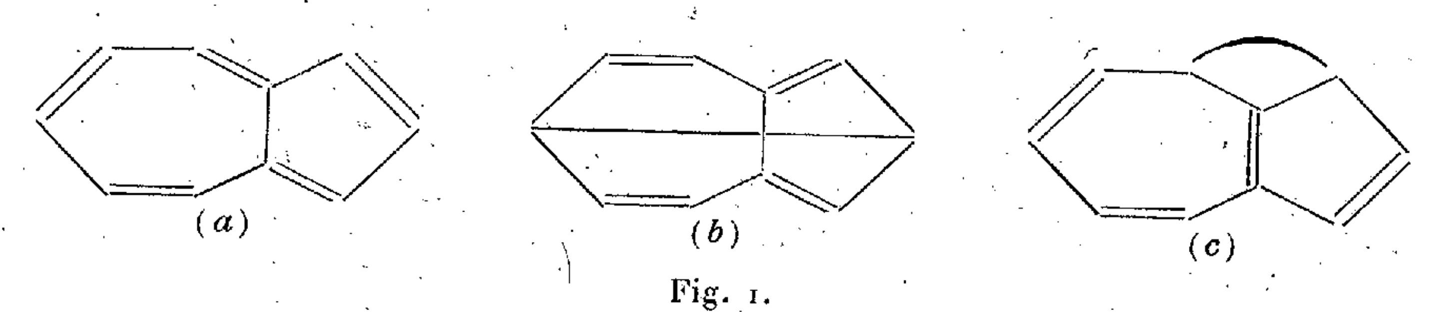


Fig. 1.

ce groupe paraît ne devoir prêter ici à aucune difficulté, car les différents carbones qui forment le squelette moléculaire se rangent dans un ordre de succession naturel. Toutefois, le diagramme moléculaire de mésomérie (²) qui serait construit à l'aide de ces formules seules serait tout à fait insuffisant car : 1° il conduirait à assigner un indice nul à la liaison binucléaire et 2° il donnerait une représentation complètement homogène de la périphérie moléculaire, toutes les liaisons ayant le même indice de liaison et tous les sommets le même indice de valence libre.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 187-188.

(¹) A. Pullman, B. Pullman et P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 280 et 757.

(²) R. Daudel et A. Pullman, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 663; A. Pullman, *Ann. de Chimie*, 2, 1947, p. 5; P. Daudel; *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 947.

Pour obtenir une représentation plus correcte de la molécule, il faut donc adjoindre au groupe précédent de formules d'autres schémas de valence qui, bien qu'ils ne soient pas canoniques, paraissent logiquement acceptables. Un tel groupe de formules supplémentaires est constitué par les 6 formules monoexcitées possédant une double liaison sur la liaison binucléaire (type *fig.* 1 *c*). Les calculs conduisent dans ce cas à attribuer les poids de 82 % aux deux formules kékuléennes et de 18 % à l'ensemble de 21 formules monoexcitées. La répartition des indices de liaison et de valence libre de l'azulène, obtenue par cette méthode, est représentée sur la figure 2. L'énergie de résonance, évaluée déjà précédemment par Sklar ([3]), est égale à $1,14\alpha$; elle est donc le 0,56[ième] de celle du naphtalène ($2,04\,\alpha$), en bon accord avec les résultats d'études spectroscopiques et thermochimiques récentes ([4]). Les charges totales autour des différents carbones sont uniformément unitaires.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Étude à l'aide de la méthode des orbitales moléculaires. — Cette étude a déjà été effectuée, dans une première approximation, par Coulson et Longuet-Higgins ([5]). Elle conduit à une distribution des indices de liaison et de valence libre en assez bon accord avec celle que l'on obtient par la mésomérie mais, en même temps, permet de prévoir une distribution non homogène des charges conférant à la molécule un moment dipolaire de l'ordre de 6,4 D, en désaccord complet avec les données de la mésomérie. Nous avons cherché à améliorer le diagramme obtenu par ces auteurs en introduisant dans les calculs l'intégrale de recouvrement et en tenant compte de la variation de l'intégrale d'échange carbone-carbone en fonction de la distance interatomique. Nous avons supposé les intégrales d'échange des liaisons périphériques égales toutes à β (intégrale d'échange dans le benzène), mais celle de la liaison binucléaire égale à $0,8\,\beta$.

([3]) A. L. Sklar, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 669.
([4]) E. Heilbronner et K. Wieland, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 947.
([5]) *Rev. Scien.*, 1947, p. 929.

[Le diagramme de Coulson et Longuet-Higgins attribue à cette liaison l'indice 0,402 correspondant à une longueur de 1,45 Å. A cette longueur correspond ([6]) une intégrale d'échange de 0,8 β, le β benzénique étant pris pour unité]. La figure 3 représente alors la distribution des indices de liaison et de valence libre et la figure 4 la répartition des charges. La valeur du moment dipolaire théorique est réduite à 5,25 D. Cette réduction provient uniquement de la variation des β, l'introduction de l'intégrale de recouvrement étant sans effet sur la répartition des charges. L'énergie de résonance est égale à 3,22 β (sans intégrale de recouvrement) ou à 1,54 γ (en tenant compte de cette intégrale).

Une seconde itération ne modifierait pas sensiblement ces résultats car le β de la liaison binucléaire ne serait diminué dans ce nouveau calcul que de 0,03. Le désaccord entre les deux méthodes reste donc appréciable.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage pondéral de l'uranium (étude des précipités à l'aide de la thermobalance de Chevenard).* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

J'ai entrepris une étude critique de tous les procédés d'analyse de l'uranium, sous ses valences 4 et 6, en vue de fixer les meilleures conditions de calcination des précipités et d'examiner si certaines de ces méthodes pouvaient convenir à des dosages automatiques, suivant la technique déjà donnée ([1]).

Les principaux résultats s'établissent ainsi :

1° Au cours du séchage ou de la calcination, il faut respecter les températures suivantes, pour peser, d'une manière précise, les corps correspondants.

Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limites de température (°).
Ammoniaque	UO_3	480-610
»	U_3O_8	745-946
Ammoniac	»	675-946
Pyridine	»	745-946
Benzoate d'ammonium	»	691-946
Hexaméthylène tétramine	»	745-946
Tannin	»	570-878
Eau oxygénée	»	811-946
Acide fluorhydrique	»	811-946
Sulfure d'ammonium	»	850-946
Phosphate disodique	$P_2O_{11}U_2$	673-946
Acide oxalique	$(C_2O_4)_2U$	100-180
»	U_3O_8	700-946
Cupferron	»	800-946
β-Isatoxime	»	408-946
Hydroxy-8 quinoléine	$(C_9H_6ON)_3HUO_2$	< 157
»	$(C_9H_6ON)_2UO_2$	252-346
Acide quinaldinique	U_3O_8	610-946

([6]) R. S. Mulliken, C. A. Rieke et W. G. Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 41.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1824; 226, 1948, p. 1276 et 1727.

2° Les dosages avec l'acide fluorhydrique, le cupferron et l'acide oxalique ne s'appliquent qu'à l'uranium-IV et permettent de l'estimer dans l'uranium-VI; ils sont équivalents du point de vue de la précision, mais le procédé à l'acide oxalique est le plus pratique. La pesée sous forme d'oxalate anhydre, après séchage entre 100° et 180°, m'a été suggérée par la courbe de thermolyse qui présente, entre ces températures, un palier horizontal.

3° Des trois formes de dosage, par l'oxine, la β-isatoxime, l'acide quinaldinique, la première est la plus précise, la plus pratique et la plus économique. On conseillait seulement, jusqu'ici, de sécher l'oxinate entre 135° et 140°; la courbe tracée avec la thermobalance indique que le précipité perd une molécule d'oxine de 157° à 252°, laissant le corps nouveau $(C_9H_6ON)_2UO_2$ stable de 252° à 346° (autre forme de pesée). La méthode à l'oxine est aussi la plus pratique pour effectuer le dosage automatique de l'uranium. Rappelons que si l'on a filtré sur creuset de Gooch muni d'amiante, il ne faut pas, dans ce cas, considérer la partie de la courbe qui s'étend après 283° (perte de poids de l'amiante); on peut alors effectuer, en une heure, la filtration, le séchage et la *pesée.*

4° La précipitation classique par l'ammoniaque, en présence de nitrate d'ammonium, permet de confirmer les travaux de Lebeau ([2]); le trioxyde UO_3 donne un palier sensiblement horizontal entre 480° et 610°; sa dissociation se produit alors pour s'achever à 745°; de 745° à 946°, nous avons le domaine de l'oxyde salin U_3O_8. Au delà, la courbe enregistrée s'abaisse; le produit devient de plus en plus noir; la dissociation qui conduit à l'oxyde UO_2 semble, sur tous mes enregistrements, commencer à 946°, quelle que soit la matière de départ (sauf dans le cas du tannin). L'installation de la thermobalance de Chevenard actuelle ne permet pas l'enregistrement de la perte de poids d'un corps maintenu dans l'hydrogène, de sorte que j'ai dû laisser de côté, la pesée, réputée si exacte, sous forme d'oxyde UO_2.

La précipitation du pyro-uranate, par emploi d'éthylène-diamine, ne présente pas d'avantages sur celui de la pyridine; l'usage du tannin, de l'hexaméthylène-tétramine, du benzoate d'ammonium, ne produit pas des différences aussi marquées que dans le cas du dosage de l'aluminium. L'oxyde de mercure est à rejeter (résultats non quantitatifs). Par contre, comme avec l'aluminium, le chrome, le gallium, etc., l'emploi comme réactif, d'un courant d'air très lent, chargé de gaz ammoniac, suivant la technique imaginée par Trombe ([3]), donne toute satisfaction, en ce qui touche la formation et le lavage immédiat du précipité apparu dès pH 3,8.

([2]) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 388.
([3]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 539.

5° Le dosage sous forme de peroxyde est bon (contrairement à ce que dit Schwarz, 1920), surtout pour effectuer les séparations. Notons que le spectre d'absorption infrarouge du précipité ne s'accorde pas avec la formule $UO_4.2H_2O$, en raison de l'apparition de la bande forte de UO_3 pour 920 cm^{-1}; il est plus correct d'écrire cette formule $UO_3.H_2O.H_2O_2$, ce que semble confirmer la courbe de pyrolyse.

6° Très loin derrière cette méthode, il faut placer le dosage sous forme de sulfure, de phosphate et de vanadate, non seulement à cause de la précision qui est un peu moins bonne, mais, surtout à cause des difficultés du mode opératoire, notamment en ce qui touche la production et la filtration du sulfure. Je note enfin que l'oxyde salin issu de ce dernier ne renferme pas de soufre, contrairement à l'affirmation de Pierlé (1920). Les courbes et leur interprétation paraîtront dans un autre recueil.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la constitution physicochimique des alliages cuivre-zinc sur les propriétés élastiques.* Note de MM. **Robert Cabarat**, **Léon Guillet** et **René Le Roux**, transmise par M Albert Portevin.

Les alliages de cuivre et de zinc offrent un exemple typique de l'influence de la composition chimique sur la constitution. L'étude de leur structure cristalline permet de mettre en évidence trois phases intermédiaires : β (cubique centrée), γ (cubique géante) et ε (hexagonale).

Nous avons déterminé à la température ambiante avec l'appareil Cabarat [1] le module d'élasticité de Young E (*fig.* 1) et le frotement interne caractérisé par le décrement logarithmique δ (*fig.* 2) de ces alliages en fonction de leur composition chimique. L'appareil Cabarat soumet une éprouvette cylindrique (diamètre 8^{mm}, longueur 140^{mm}) à des vibrations longitudinales forcées de haute fréquence engendrées par un procédé éléctrostatique et permet de tracer la courbe des amplitudes de vibrations en fonction de la fréquence des sollicitations, c'est-à-dire la courbe de résonance de l'éprouvette étudiée.

Les alliages ont été préparés à partir de métaux électrolytiques; jusqu'à 36 % de zinc inclus, les éprouvettes ont été prélevées dans des barres laminées et de 36 à 100 % de zinc, elles ont été coulées et recuites. On a vérifié l'absence de discontinuités par radiographie et en comparant la valeur de la densité expérimentale avec celle qui est calculée à partir des dimensions de la maille cristalline. Bien que le laminage de la phase β soit possible à haute tempéra-

---

(1) *Comptes rendus* 217, 1943, p. 229.

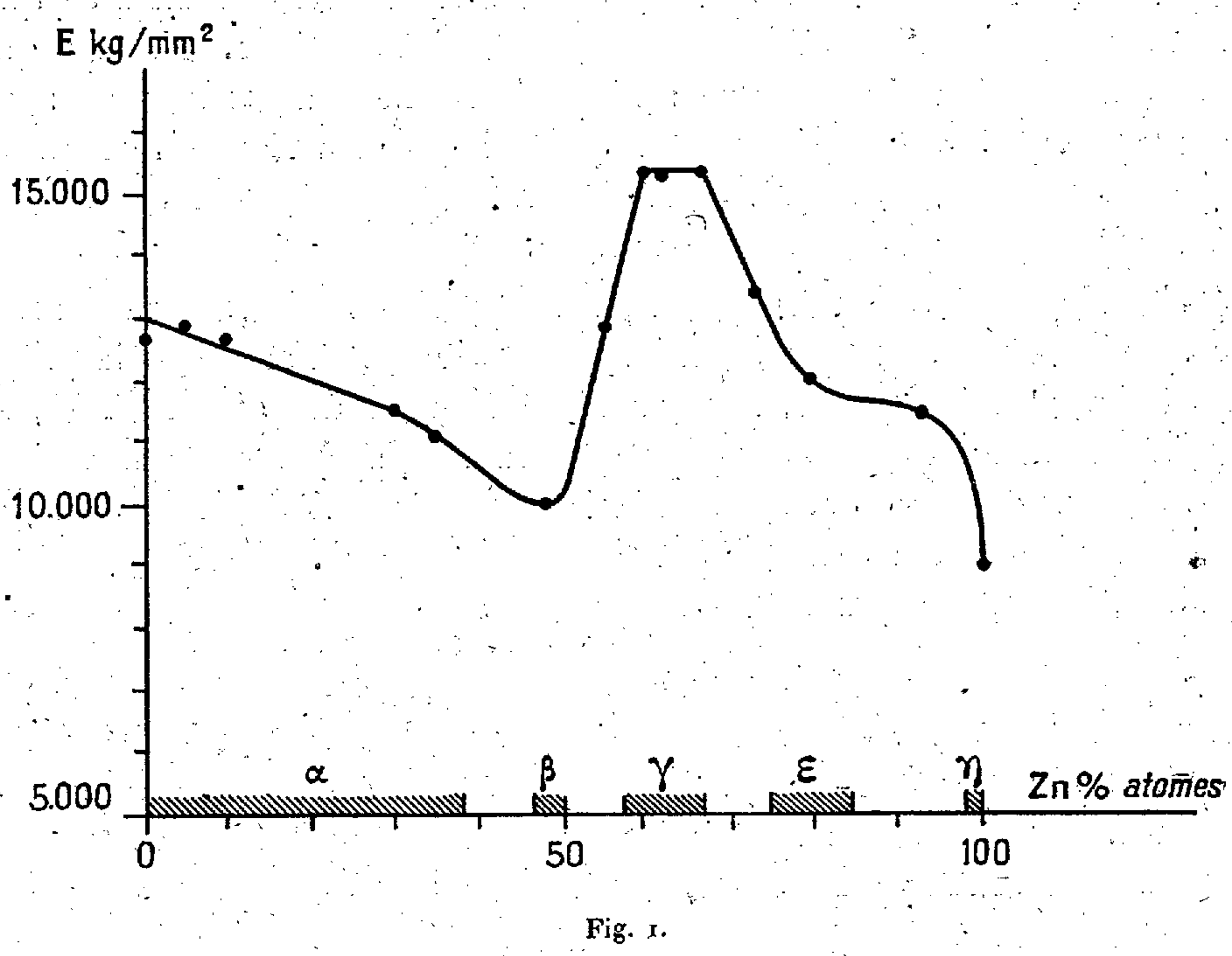

E kg/mm²
15.000
10.000
5.000
α
β
γ
ε
η
Zn % atomes
0
50
100

Fig. 1.

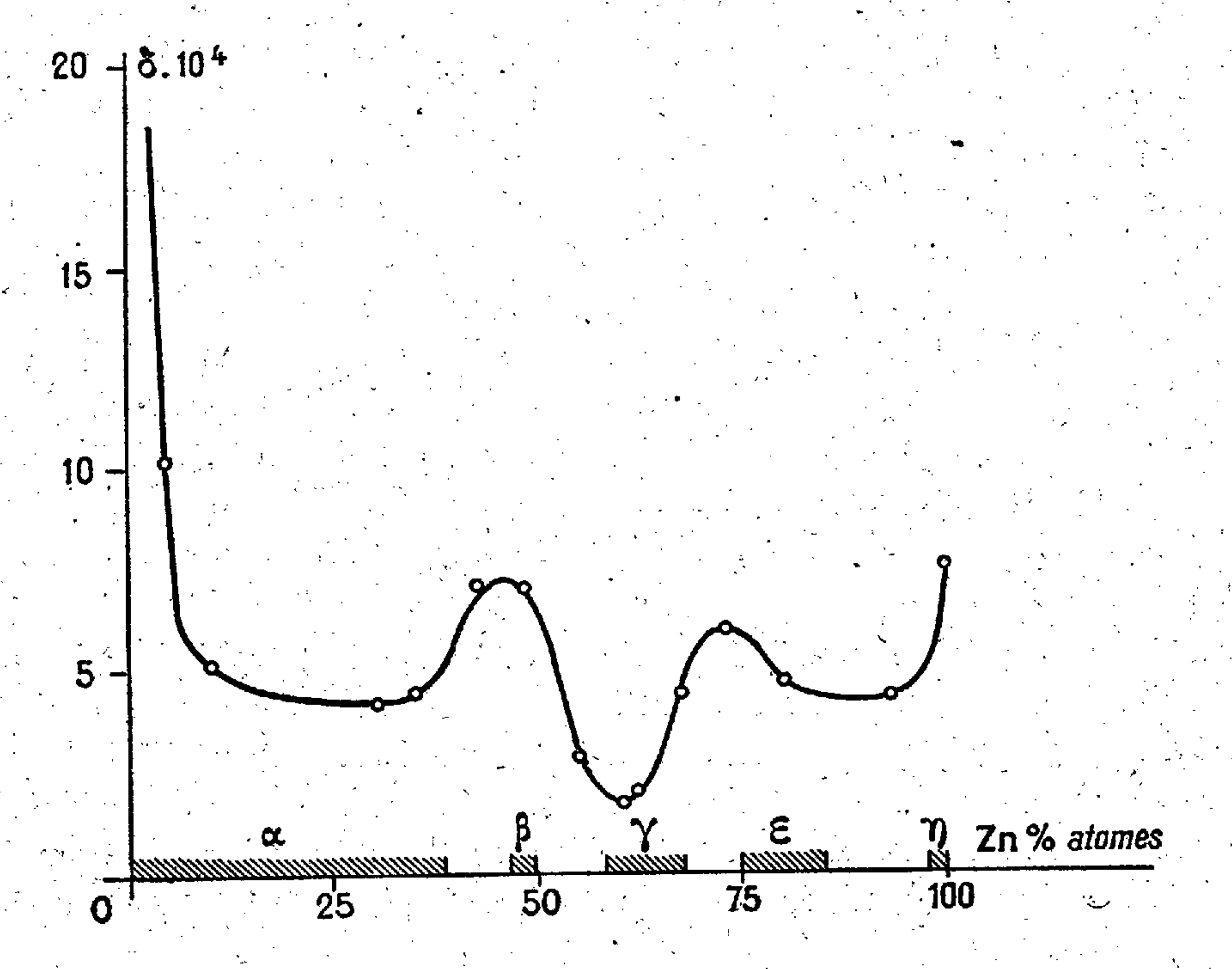

δ.10⁴
20
15
10
5
α
β
γ
ε
η
Zn % atomes
0
25
50
75
100

Fig. 2.

ture, il est préférable d'utiliser des éprouvettes obtenues par coulée (²), car cette phase présente une forte anisotropie élastique (³) et la présence d'une texture, même peu accentuée, conduit à des modules trop bas et à des valeurs du décrément très dispersées (⁴)

La phase β, de caractère métallique très marqué, présente un maximum relatif de frottement interne pour une teneur en zinc inférieure à celle qui correspond au composé CuZn, et les alliages titrant plus de 48,8 % contiennent tous un peu de phase γ, comme l'a montré l'examen au microscope. La phase ε se révèle également par un maximum relatif du décrément. La phase γ, de caractère métallique peu marqué, présente au contraire un minimum du décrément et un maximum absolu du module d'élasticité. Ces résultats concordent parfaitement avec ceux que nous avons obtenus dans l'étude des alliages cuivre-étain (⁵) pour les phases ε (hexagonale) et δ (cubique multiatomique). Ici encore, les variations du décrément suivent une loi analogue à celle de la conductibilité électrique.

GÉOLOGIE. — *Présence de spicules d'Ascidies dans le Rédonien d'Apigné (Ille-et-Vilaine).* Note de Mlle **Suzanne Durand**, transmise par M. Charles Jacob.

La carrière d'Apigné, à 5km au Sud-Ouest de Rennes, est abandonnée, mais il est encore possible d'y retrouver les formations décrites par Lebesconte, et notamment le sédiment fin calcareux fossilifère pour lequel Dollfus avait créé l'étage rédonien. Les fossiles macroscopiques ont fait l'objet de plusieurs travaux, mais l'étude de la microfaune, qui n'avait pas encore été abordée, vient de révéler l'existence de débris d'organismes intéressants.

Il s'agit de concrétions calcaires globuleuses et étoilées, constituant dans ce dépôt presque la moitié des éléments qui ont traversé le tamis de mailles 0mm,065. Leur taille varie de 54 à 27µ environ. Tantôt leur forme est presque sphérique, hérissée de petites pointes, tantôt leurs rayons s'allongent et s'écartent nettement du centre. Le nombre de ces rayons est variable et difficile à évaluer avec précision, certains exemplaires en montrent une douzaine, d'autres plus du double, visibles sur une seule face. Entre nicols croisés, à cause de la trop grande épaisseur de la partie centrale, les teintes de la calcite ne s'observent que sur les rayons; ceux-ci s'éteignent parallèlement à leur axe qui correspond à celui d'indice minimum; chacun d'eux se comporte comme un cristal indépendant.

(²) Pour obtenir un grain fin, on ajoute à l'alliage liquide une faible quantité de titane (0,25 % environ). Un grain grossier ferait apparaître l'anisotropie élastique de la phase β et conduirait à des valeurs du module trop basses. Il n'en est pas de même pour la phase γ dont le module est indépendant des dimensions du grain.

(³) W. Webb, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 297.

(⁴) Si l'on calcule à l'aide de la formule de Bruggeman (*Zeits. f. Phys.*, 92, 1934, p. 561) le module d'élasticité de la phase β d'après les valeurs déterminées sur cristal unique, on trouve 10 000 à 11 530 kg/mm², chiffres peu supérieurs à celui que nous avons obtenu.

(⁵) R. Cabarat, L. Guillet et R. Le Roux, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1374.

Ces concrétions répondent assez exactement à la description et à la figure d'un sclérite d'Ascidie données par W. J. Schmidt [1]. A la différence de taille près (elles sont sensiblement plus grandes); le professeur Prenant est d'accord pour leur reconnaître l'aspect des spicules des formes actuelles de Didemnidés.

La faune et la constitution du sable argilo-calcaire d'Apigné font penser à un dépôt de faciès côtier (20 à 50^m sans doute), plus profond que les faciès faluniens habituels et rappelant certains *fonds à Ascidies* de nos côtes, dragués à proximité du rivage, dans lesquels ces Tuniciers pullulent au point de souder entre eux des graviers et des débris de coquilles qui tapissent le fond de la mer.

Des spicules semblables existent aussi, mais en moins grande abondance, dans l'argile à *Nassa prismatica* et *Potamides Basteroti* de Saint-Jean-la-Poterie près de Redon, représentant un faciès plus vaseux du Rédonien.

La présence de Didemnidés fossiles ne semble pas encore avoir été signalée; leur découverte souligne l'intérêt des microfossiles qui permettent de retrouver des faciès, comparables à ceux des mers actuelles dans certains cas où l'examen à l'œil nu ne révèle aucune trace d'organismes.

GÉOLOGIE. — *La faune de Mammifères du lœss durci de Saint-Vallier (Drôme) et ses conséquences stratigraphiques.* Note de M. **Jean Viret**, transmise par M. Charles Jacob.

Le plateau qui porte le château de Beausemblant au Nord-Est de Saint-Vallier est en partie recouvert d'un manteau de lœss, reposant tantôt sur le granite, tantôt sur une puissante formation alluviale à gros galets de quartzites, extrémité occidentale de la nappe de Chambaran, considérée comme pliocène. L'altitude de ce placage est comprise entre 350 et 367^m, soit environ 220 à 230^m au-dessus des alluvions modernes du Rhône. Ce lœss est une roche typique, poreuse, à grain fin, de teinte jaune pâle, riche en calcaire. Ce dernier a irrégulièrement cristallisé dans la masse pour former non seulement des poupées de toute dimension, mais encore de gros blocs ou même des espèces de bancs rocheux assez durs pour servir de moellons. On sait que le lœss, en Europe orientale du moins, est unanimement considéré comme un dépôt éolien lié aux grandes glaciations quaternaires. Les glaciers alpins en ont trituré les éléments qui ont été étalés en avant du front glaciaire par les torrents de fusion; pendant la saison sèche, ils ont été repris et transportés par le vent.

Au lieu dit Montrebut (non loin du point géodésique 367, autrefois connu sous le nom de Croix-de-Thoré), ce lœss est particulièrement riche en ossements de Mammifères fossiles, dont l'extraction est toutefois rendue difficile par la dureté inégale de la gangue, souvent supérieure à celle de l'os. Les fouilles que j'ai entreprises à cet endroit dès 1946

---

(1) *Die Bausteine des Tierkörpers in polarisiertem Lichte* (Cohen-Bonn, 1924), p. 126-129.

viennent d'aboutir à la découverte de documents paléontologiques remarquables qui seront décrits ultérieurement; mais d'ores et déjà il m'est possible de donner la liste des espèces suivantes :

Elephas sp. (dents de lait), *Bunolophodon arvernensis* Cr. et J., *Dicerorhinus etruscus* Falc., *Equus* (*Hippotigris*) cf. *stenonis* Cocchi, *Cervus ramosus* Cr. et J., *Cervus pardinensis* Cr. et J., *Cervus* sp., *Leptobos* cf. *elatus* Pom., *Gazella* aff. *borbonica* Dep., *Gazella* sp.; *Ursus etruscus* Cuv., *Brachyprosopus* aff. *vireti* Schaub, *Felis* (*Lynx*) *brevirostris* Cr. et J., *Machairodus* taille du *M. crenatidens* Fabr., *Nyctereuthes* aff. *sinensis* Schloss. *Hyaena perrieri* Cr. et J., *Hyaena arvernensis* Cr. et J., *Meles* sp., *Lepus valdarnensis* Weith., *Hystrix refossa* Gerv.

C'est là une faune de savane, de savane plutôt humide, car la présence des Proboscidiens et la fréquence des Cerfs ne laisse aucun doute sur l'existence d'îlots forestiers importants à cette époque.

Quelles que puissent être les additions ou les retouches qu'une étude détaillée des matériaux recueillis, mais non encore dégagés, apportera à la liste précédente, l'âge de cette faune est déjà fixé avec précision : la coexistence des derniers Mastodontes avec les premiers Éléphants (très probablement *Archidiskodon meridionalis-planifrons*), et avec les premiers *Leptobos*, les premiers Équidés ayant atteint le stade *Equus*, montre que nous sommes en présence du Villafranchien typique, celui des gisements de Perrier et de Chagny en France, du Val d'Arno en Italie, et non pas du Villafranchien évolué, comme à Senèze (Haute-Loire) et à Tegelen (Limbourg holl.), où les Mastodontes ont disparu, où se montrent des Cervidés, et, en ce qui concerne le gisement auvergnat, des Antilopidés d'espèces différentes.

L'opinion classique rangeait cet étage dans le Pliocène supérieur [1]. Mais sa rencontre à Saint-Vallier sous le faciès de lœss nous accule à un dilemme. Ou bien les gisements villafranchiens sont en réalité quaternaires, opinion qu'Émile Haug avait défendue dès 1911 dans son *Traité de Géologie;* ou bien il y a eu des glaciations pliocènes, car, même si l'on admet que le lœss a été remanié par les eaux lors de l'enfouissement des cadavres, ce qui expliquerait le pêle-mêle des ossements et leurs fractures, il pourrait être à la rigueur un peu plus ancien que la faune, mais en aucun cas plus récent que celle-ci.

Nul doute que la majorité des géologues, considérant que les glaciations modernes sont un attribut essentiel du Pléistocène, ne se rallie à la première solution. Beaucoup de spécialistes des formations pléistocènes inclinaient déjà vers cette conception qui a été tout récemment défendue au Congrès géologique international de Londres, par le Dr H. L. Movius. S'appuyant sur les travaux récents de paléontologistes anglais et allemands, A. Schreuder, dans les conclusions de son travail sur la faune de Tegelen [2], parallélise le Villafranchien

---

(1) Dans son tableau récent du Tertiaire continental, G. G. Simpson attribue encore le Villafranchien au Pliocène [*A continental Tertiary Time Chart.* (*Journal of Paleontology*, **21**, n° 5, 1947)].

(2) A. Schreuder, *The Tegelen fauna, with a description*, etc. (*Archives néerlandaises de Zoologie*, **7**, livr. 1 et 2, 1945).

inférieur ou Amstélien-Calabrien avec le premier stade de la glaciation de Günz. Assurément, les formations interglaciaires qui établiraient la réalité des glaciations anciennes de Penck et Brückner manquent sur le front des Alpes; mais il est facile d'imaginer que ces dépôts superficiels ont été balayés lors des glaciations ultérieures, et particulièrement de celle de Riss.

En tout cas, c'est la première fois qu'en France on trouve trace d'une glaciation aussi ancienne, bien datée par la Paléontologie. D'autre part, s'il était prouvé que la faune n'a pas vécu en période interstadiale, son caractère plutôt chaud tendrait à montrer que l'extension des glaciers alpins n'a pas coïncidé avec un abaissement de la température moyenne.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Particularités histologiques du xylème des rhizomes de* Xanthorrhiza apiifolia *L'Hér. et* Coptis Teeta *Wall. (falsifications de l'*Hydrastis canadensis L.). Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Les drogues qui servent à falsifier les rhizomes d'*Hydrastis canadensis* sont surtout les rhizomes du *Xanthorrhiza apiifolia* L'Hér. et du *Coptis Teeta* Wall. Tous ces échantillons se ressemblent en effet par leur cassure d'un jaune intense, teinte due à l'abondance de la berbérine dans leurs tissus. Les caractères structuraux de ces organes employés dans un but frauduleux ont été mis en évidence par Blaque et Maheu (¹). Ces auteurs ont surtout attiré l'attention sur les particularités du péricycle et de la moelle. Il y aurait intérêt à comparer aussi les constituants du xylème des rhizomes de ces trois plantes.

Chez l'*Hydrastis*, le bois secondaire se compose de plages de parenchyme ligneux cellulosique, de paquets de fibres-libriformes et de nombreux vaisseaux; la section de ces derniers se montre tantôt ovoïde, tantôt polygonale ou quadrangulaire à angles mousses; leur plus grand diamètre atteint de 36 à 44^{μ}. Le xylème du rhizome de cette plante se distingue ainsi immédiatement de celui des mêmes organes des deux autres genres chez lesquels tous les constituants du bois ont leurs parois complètement sclérifiées.

Les faisceaux du *Xanthorrhiza apiifolia*, quoique de taille inégale, sont disposés plus régulièrement que ceux de l'*Hydrastis*. Leurs portions ligneuses se composent exclusivement de fibres et de vaisseaux. La section transversale de ces derniers est le plus souvent ovoïde et leur calibre peut s'élever jusqu'à 55^{μ}; leurs faces latérales sont munies de ponctuations totalement dépourvues d'aréoles, tantôt arrondies, tantôt plus ou moins étirées dans le sens tangentiel, réalisant ainsi le type réticulo-ponctué. Ces vaisseaux s'opposent ainsi à ceux de l'*Hydrastis*, chez lesquels on observe toujours des ponctuations aréolées fortement allongées transversalement. Quant aux fibres, leur longueur varie en général de 200 à 300^{μ}, et leur diamètre de 8 à 15^{μ}; elles se terminent en pointes très effilées. Chez quelques-uns de ces éléments, les faces latérales sont pourvues de ponctuations aréolées circulaires (à peine 3^{μ}); les fentes obliques et croisées touchent le pourtour de l'aréole;

(¹) *Bull. Sc. pharmacol.*, 33, 1926, p. 375.

nous reconnaissons ce type de *fibres-trachéides*, déjà décrit par nous chez l'*Euptelea* ([2]) et le *Crossosoma* ([3]). Mais, le plus souvent, les parois des fibres du rhizome de *Xanthorrhiza* se font remarquer par la disparition presque complète de l'aréole; il s'agit alors de *fibres libriformes*. Toutes ces fibres renferment de nombreux grains d'amidon, circulaires ou polyédriques par pression (4 à 6µ).

Le bois du rhizome de *Coptis Teeta* se distingue par le très faible calibre de ses vaisseaux conducteurs, lequel atteint au maximum 18µ; leur diamètre est même souvent inférieur, de telle sorte que, vu en coupe transversale, ce bois semble presque homogène. Examinés longitudinalement, ils se montrent constitués par la superposition d'éléments effilés à chaque extrémité, d'une longueur maxima de 150µ; leurs faces sont munies de nombreuses ponctuations aréolées circulaires, très rapprochées, disposées en une ou deux rangées; le diamètre des aréoles ne dépasse pas 4µ; les ouvertures obliques et croisées ne touchent pas le pourtour de la ponctuation. Au voisinage de leurs extrémités, ces éléments sont pourvus de perforations elliptiques (15 × 9µ), lesquelles leur permettent de jouer le rôle de vaisseaux parfaits. Nous nous retrouvons ici en présence de *trachéides ouvertes* qui se rapprochent de celles signalées par nous précédemment chez les Ipécas ([4]). Le reste du bois secondaire se compose tantôt de fibres trachéides identiques à celles du *Xanthorrhiza,* mais plus courtes, tantôt de fibres libriformes, dont la longueur varie de 40 à 180µ. La cavité de toutes ces fibres est bourrée de grains d'amidon.

De plus, les vaisseaux ligneux de l'*Hydrastis* sont remplis d'un contenu homogène, de teinte jaune brunâtre, déjà mentionné par Pohl ([5]); aucune indication n'ayant été donnée sur la nature de cette substance, nous en avons entrepris l'examen microchimique. Les réactifs appropriés nous permettent d'affirmer ici la présence d'un mucilage pectosique, en même temps que l'absence de tannin et de composés résineux. La cavité des éléments conducteurs du xylème des deux autres espèces se montre dépourvue d'un tel contenu.

L'étude histologique du bois des rhizomes de ces trois plantes révèle des caractères qui permettent de distinguer l'*Hydrastis canadensis*. Principalement, chez celui-ci, les ponctuations toujours aréolées et fortement étirées des faces latérales des vaisseaux, puis la cavité de ces derniers remplie d'un mucilage pectosique. On peut y joindre, chez cette même espèce, l'absence de grains d'amidon à l'intérieur des fibres ligneuses. D'autre part, le *Coptis Teeta*, par l'existence de *trachéides ouvertes* à l'exclusion de tout autre vaisseau conducteur dans son bois secondaire, présente une particularité fort intéressante, laquelle nous semble rare dans la famille des Renonculacées.

([2]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7, 1946, p. 46.
([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 221.
([4]) *Rev. gén. Bot.*, 54, 1947, p. 138.
([5]) *Bibl. Bot.*, 29, 1894, p. 7.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la diminution de la teneur en Virus* (Marmor Tabaci *Holmes*) *de tissus de Tabac cultivés* in vitro. Note de M[lle] **Hélène Augier de Montgremier** et M. **Georges Morel**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les recherches antérieures de White ([1]) et de Segrétain ([2]) ont montré qu'il était possible de maintenir le virus de la Mosaïque du Tabac dans des organes ou des tissus cultivés *in vitro*.

En vue de poursuivre des recherches analogues, nous avons entrepris de cultiver *in vitro* des tissus de Tabac, infectés par la souche ordinaire du virus de la Mosaïque du Tabac (*Marmor Tabaci* Holmes). Pour cela nous avons ensemencé des fragments de tiges de jeunes Tabacs malades (variété *White Burley*) sur l'un des milieux que nous utilisons habituellement. Ce milieu renferme en particulier de l'acide naphtyle acétique à la concentration de 5.10^{-7}. Les fragments de tiges ne tardèrent pas à se développer et produisirent en deux mois des cals volumineux. Ils furent alors repiqués sur un milieu contenant la même hétéro-auxine à la dose de 10^{-7}, où ils continuèrent à proliférer assez lentement. Ces tissus furent repiqués tous les deux mois sur le même milieu, mais leur croissance demeura très médiocre pendant quatorze mois. Après cette période, la croissance de trois colonies tissulaires s'améliora soudainement. Ces colonies, qui étaient de couleur brunâtre et produisaient de nombreux amas de cellules translucides se nécrosant rapidement, se mirent à proliférer activement pour former des masses de parenchyme blanc et ferme. L'étude des réactions de ces tissus en présence de l'acide naphtyle acétique nous a permis de constater qu'ils avaient alors perdu toute sensibilité vis-à-vis de ses propriétés excitoformatrices. Ces colonies avaient donc subi le phénomène d'accoutumance à l'hétéro-auxine tel que Gautheret l'a décrit sur les souches de Carotte et de Scorsonère.

Indépendamment de ces expériences, nous avons cherché à cultiver le virus de la Mosaïque du Tabac sur des tissus de tumeur. On sait en effet, depuis les travaux de White, que les tissus de tumeur de Tabac prolifèrent *in vitro* avec la plus grande facilité. Pour obtenir de telles cultures, nous avons inoculé par piqûre l'*Agrobacterium tumefaciens* (Smith et Townsend) Conn., à de jeunes tiges de Tabac infectées par le virus. Des tumeurs se développèrent rapidement au point d'inoculation et deux mois plus tard nous avons prélevé et ensemencé aseptiquement ces tissus tumoraux sur un milieu semblable au précédent mais dépourvu d'hétéroauxine. Nous avons de cette façon obtenu deux souches de tissus de Tabac : tissus accoutumés et tissus tumoraux.

([1]) *Phytopathology*, 24, n° 9, 1934, p. 1003, 1011.

([2]) *Ann. Institut Pasteur*, 69, 1943, p. 61; *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 594-595.

Nous avons alors dosé le virus comparativement dans les tissus accoutumés et tumoraux d'une part et des tissus foliaires de plantes infectées d'autre part, en utilisant une méthode qui venait d'être mise au point récemment ([3]). Ce dosage a été effectué sérologiquement au microscope à fond noir, par la méthode de la dilution limite. Nous avons constaté que les cultures de tissus de tumeur présentaient une dilution limite comprise entre 1/3 et 1/4, soit 30 à 40 fois plus faible que celle d'un jus de feuilles de Tabac infecté. Dans les tissus accoutumés la quantité de virus était si faible qu'on ne la décelait généralement pas avec le sérum utilisé. Sa présence a pu néanmoins être détectée par inoculation au *Nicotiana glutinosa* (2 lésions sur une feuille) et au Tabac.

On peut admettre à titre d'hypothèse que cette faible teneur en virus des tissus tumoraux et accoutumés est provoquée par la rapidité avec laquelle ces derniers prolifèrent. Il y aurait ainsi une relation inverse entre la rapidité de prolifération des cellules et la vitesse de développement du virus. Or les cellules en voie de prolifération active dans les méristèmes produisent peu de métabolites et élaborent une très faible quantité de produits d'excrétion. Si donc le virus provient, ainsi qu'on l'admet souvent, d'une déviation du métabolisme de la cellule hôte, on s'explique fort bien que les tissus tumoraux et accoutumés qui se développent très activement, à la façon des méristèmes, en renferment, comme ces derniers, une très faible quantité.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une substance amphisexuelle à deux seuils d'activité : l'androstanediol* (3-*cis*-17 *trans*). Note de MM. **Étienne Wolff** et **Georges Strudel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les substances du groupe de l'androstérone, éprouvées sur le test de l'embryon de Poulet, montrent, pour la plupart, une double action masculinisante et féminisante (É. Wolff, 1936) ([1]). En général, le seuil de la dose qui féminise les mâles est peu différent du seuil de la dose qui masculinise les femelles. L'androstane-3-*cis*-17 *trans* diol, préparé par Ruzicka, Goldberg et Meyer par hydrogénation de l'androstérone, nous a pourtant fourni un exemple très net de dissociation de ces deux actions. Nous injectons cette substance, suivant notre technique habituelle, sur la membrane chorioallantoïdienne de l'embryon de poulet entre le 3e et le 5e jour de l'incubation. La substance pulvérisée a été administrée en suspension aqueuse, les embryons ont été autopsiés entre le 15e et le 19e jour d'incubation.

A. *Action masculinisante.* — Toutes les femelles présentent des modifications des conduits génitaux après une application de plus de $0^{mg},3$ de la substance. Pour les doses voisines du seuil, c'est l'inhibition de la portion distale des canaux de Müller; pour les

([3]) P. Limasset et H. Augier de Montgremier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1176-1177.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 1474.

doses supérieures à 1^{mg}, c'est la suppression de tout l'oviducte, à l'exclusion d'un court segment proximal des trompes. Des quantités supérieures à $1^{mg},5$ déterminent une hypertrophie des canaux de Wolff et une certaine inhibition du cortex, qui reste mince et subit par places la dégénérescence kystique.

B. *Action féminisante.* — L'action féminisante sur les mâles ne se déclenche qu'à partir d'une dose de $1^{mg},5$ par embryon. Avec 2^{mg}, quantité voisine des limites de tolérance des embryons, tous les mâles ne sont pas transformés. Sur les individus qui réagissent dès le seuil de $1^{mg},5$, l'action est progressive et révèle des seuils différentiels nets.

1° Doses de $1^{mg},5$. — Maintien de petits tronçons proximaux des canaux de Müller. Dissymétrie des gonades sans modification de leur structure.

2° Doses de $1^{mg},5$ à 2^{mg}. — Tronçons plus importants des canaux de Müller. Dissymétrie croissante des gonades. Apparition dans la gonade gauche de tubes testiculaires se raccordant à l'épithélium germinatif (premier signe histologique d'une féminisation).

3° Doses de 2^{mg}. — La dissymétrie des gonades s'accompagne de l'apparition, sur la gonade gauche, d'un cortex ovarien parfois partiellement stérile ou renfermant des gonocytes en dégénérescence.

La double action de cette substance est donc *qualitativement* très voisine de celle de l'androstérone et de beaucoup d'autres substances de ce groupe. Mais *quantitativement* les deux activités sont nettement dissociées. L'action féminisante n'apparaît qu'au-dessus d'une dose où l'effet masculinisant est déjà maximum. De plus, cette substance présente, dans le cadre de chacune de ses deux activités, une action progressive qui permet de définir des seuils différentiels et des degrés de réaction.

L'androstane-diol (3 *cis*-17 *trans*) appartient donc au groupe des hormones sexuelles qui ont une activité spécifique sur l'un des sexes entre certaines limites de dosage. C'est donc une hormone spécifiquement mâle dans certaines conditions. Elle ne devient amphisexuelle qu'au-dessus d'une dose précise. D'autres auteurs ont appelé l'attention sur des substances présentant les mêmes caractères. Citons en particulier Gallien (1941)(2) et Padoa (1942)(3) dans leurs recherches sur l'action de l'œstradiol et du benzoate d'œstradiol chez les larves de Batraciens, et Burns dans des expériences sur le jeune Opossum (1945)(4).

Ces résultats appellent l'attention sur les conditions dans lesquelles une substance hormonale exerce son action spécifique, mâle ou femelle. Une hormone mâle, naturelle ou synthétique, dont l'action est unisexuelle dans des conditions physiologiques, peut avoir un effet paradoxal et être considérée comme une hormone amphisexuelle, quand elle est employée au-dessus ou au-dessous d'un certain seuil.

Le dosage précis des conditions d'activité des hormones sexuelles pourrait dissiper en partie la confusion qui règne actuellement dans la question de la spécificité de ces substances.

---

(2) *Bull. Biol.*, 75, 1941, p. 369-397.
(3) *Mon. Zool. Ital.*, 53, 1942, n° 10.
(4) *Journ. exp. Zool.*, 100, p. 119-140.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le dosage de l'inositol par voie chimique.* Note de MM. **Paul Fleury** et **André Recoules**, présentée par M. Maurice Javillier.

Si la méthode de Woolley ([1]) permet le dosage du mésoinositol par voie biologique avec une remarquable spécificité, on ne connaît par contre aucune méthode chimique de dosage spécifique des inositols dans les milieux complexes. A dire vrai, deux méthodes ont été déjà proposées : l'une ([2]) basée sur l'action de l'iodo-mercurate en milieu alcalin à 100°, l'autre ([3]) utilisant l'action oxydante à froid de l'acide periodique. Toutes les deux ont donné lieu à des applications dans le domaine biologique, mais ces applications ont été entravées par le manque de spécificité des réactifs proposés, qui, tous les deux, agissent non seulement sur les inositols, mais aussi, en particulier, sur les glucides réducteurs, en même temps que sur les polyols linéaires.

L'un de nous, avec Mme Fievet ([4]), étudiant d'une façon approfondie l'action de l'acide periodique sur les inositols, a constaté que cette oxydation s'accompagne d'un dégagement régulier de gaz carbonique, correspondant à environ 1,1 à 1,3 molécule de CO_2 par molécule d'inositol. Ce dégagement peut être suivi et mesuré commodément par la méthode manométrique de Warburg. L'expérience nous a montré qu'il était inutile d'attendre que la réaction soit entièrement terminée, ce qui demanderait plusieurs jours. En opérant, à + 30°, avec 1^{cm^3} de solution contenant des poids d'inositol allant de $0^{mg},30$ à $1^{mg},80$ et 1^{cm^3} de solution M/4 environ d'acide periodique, nous avons constaté qu'en suivant le dégagement jusque vers la quatrième heure, c'est-à-dire à la fin de la première partie d'allure rapide de la courbe, les volumes dégagés à ce moment étaient très sensiblement proportionnels aux poids d'inositol introduits (*voir* graphique). On peut donc très simplement, en utilisant des témoins, connaître la concentration d'une solution de titre connu après dilution convenable.

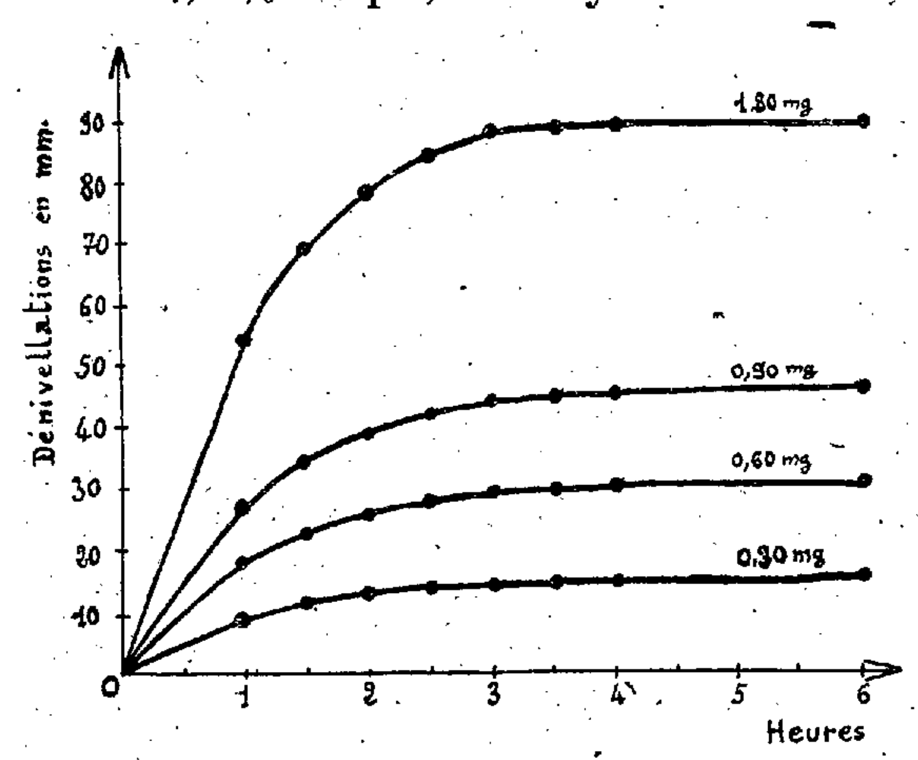
Or, on a montré ([4]), que ce dégagement n'a pas lieu avec les polyols linéaires. Par contre, avec les oses, il y a presque constamment un dégagement qui, tout en restant toujours faible, est variable selon l'ose considéré et correspond à une réaction secondaire. C'est pourquoi, pour rendre notre méthode spécifique, il est nécessaire de détruire ces oses, en utilisant l'action de la magnésie à 100°. L'un de nous, avec Mlle M. Joly ([5]) a, en effet établi que ce réactif, utilisé dans des conditions bien déterminées, décompose profondément ces glucides, tandis

---

([1]) *J. Biol. Chem.*, **140**, 1941, p. 453.
([2]) P. Fleury et J. Marque, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, **10**, 1929, p. 241.
([3]) P. Fleury et M. Joly, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, **26**, 1937, p. 341.
([4]) P. Fleury et Y. Fievet, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 664.
([5]) M. Joly, *Thèse* Doct. Univ. (Pharmacie), Paris, 1933.

que l'inositol reste inaltéré. Cependant les produits de dégradation de ces oses sont encore susceptibles, comme nous l'avons montré à cette époque, de consommer de l'acide periodique ([5]). Depuis, nous avons constaté que l'action de ce réactif s'accompagne d'un dégagement non négligeable de gaz carbonique, attribuable probablement à la présence d'une petite quantité d'un acide-alcool voisin, sinon identique, à l'acide lactique. Pour éliminer cette cause d'erreur, le liquide obtenu par épuisement de la magnésie après traitement est desséché et extrait à l'ébullition, en milieu acide, par un mélange convenable d'alcool et d'éther. Le résidu insoluble ainsi purifié peut alors être soumis sans inconvénient à l'action de l'acide periodique dans l'appareil de Warburg.

Dans des solutions où la concentration de l'inositol variait de 0,3 à 3 °/₀₀ en présence de glucose ou de lévulose dont la quantité pouvait atteindre 10 fois le poids de l'inositol, ce polyol a été retrouvé dans 6 expériences, avec une perte qui n'a pas excédé 4,5 % et qui, en moyenne est de 2,5 %.



Dégagement du CO_2 sous l'action de l'acide periodique en fonction du temps et de la concentration en inositol.

Pour appliquer à des milieux naturels complexes cette méthode qui permet le dosage en précence des glucides, il est nécessaire d'effectuer une purification préalable du milieu telle qu'elle ne laisse plus pratiquement en présence que l'inositol et les oses réducteurs (et éventuellement les polyols linéaires). Nous avons étudié cette application spécialement pour l'urine qui, par sa composition complexe, semble présenter un des cas les plus difficiles. Notre procédé consiste, après avoir déféqué l'urine par un excès d'hydroxyde de baryum, à entraîner dans l'urine déféquée l'inositol et les glucides, également par la baryte, mais en milieu alcoolique fort. Le précipité ainsi obtenu est alors traité comme s'il s'agissait d'un mélange d'inositol et d'oses ([6]).

([6]) La description détaillée de cette technique sera donnée dans un autre Recueil. Elle est également décrite, avec les expériences justificatives, dans le travail de l'un de nous : *Dosage de l'inositol en présence des glucides. Contribution à l'étude de l'inositol*, par A. Recoules (*Thèse* Doctorat en Pharmacie d'État, Paris 1948).

La vérification de cette technique a été faite en ajoutant à l'urine des quantités d'inositol équivalentes à celles que donne le dosage sur l'urine primitive (100 à 300^{mg} par litre). Elles ont été retrouvées, compte tenu des facteurs de correction donnés par des études préalables, avec un déficit moyen de 2,5 % et maximum de 10 %.

En résumé, le dosage des inositols par la détermination du gaz carbonique dégagé sous l'action de l'acide periodique, après destruction des oses par la magnésie, constitue une méthode susceptible d'être appliquée selon certaines modalités aux milieux naturels avec des résultats satisfaisants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les protéines phosphorylant la thiamine.* Note de MM. **Nguyen Van Thoai** et **Louis Chevillard** présentée par M. Maurice Javillier.

Euler et Vestin ([1]), en partant de la levure de bière séchée, Stern et Hofer ([2]), d'extraits glycérolés d'organes, ont observé la formation d'un produit, qui, ajouté à la levure, stimule la décarboxylation de l'acide pyruvique. Plus tard Weil-Malherbe ([3]) prépare à partir de la levure de bière une protéine capable de transformer la thiamine en cocarboxylase, mais qui renferme en outre de l'apocarboxylase. Cette synthèse se produit en présence d'adénosine triphosphate ou d'un système de transporteur de phosphate (hexosediphosphate-acide adényliquephosphate ou hexosediphosphate-créatine-phosphate minéral), indépendamment de tout processus d'oxydation. 1^{mg} de cette protéine synthétise 1$^{\mu g}$ de cocarboxylase. La même année Ochoa ([4]), travaillant sur des coupes ou des pulpes d'organes, observe que le muscle, le cerveau et surtout le foie sont capables de phosphoryler la thiamine. Toutefois cette synthèse ne se produit qu'au cours d'une respiration active; elle n'a pas lieu sous atmosphère d'azote ou en la présence des inhibiteurs d'oxydation (iodoacétate).

On peut dès lors se demander si les synthèses phosphorylant la thiamine dans le foie sont différents ou non de ceux de la levure et si la synthèse de la cocarboxylase dépend d'un seul enzyme ou de plusieurs enzymes participant à une chaîne d'oxydoréduction.

Dans la présente Note nous rapportons les résultats que nous avons obtenus dans nos essais pour isoler les protéines phosphorylant la thiamine tant dans la levure de bière que dans le foie.

La levure de bière fraîchement pressée est plasmolysée avec 15 % de sel marin, lavée pendant dix minutes avec une solution 0,2 M de phosphate

---

([1]) *Naturw.*, 25, 1937, p. 416.
([2]) *Enzymol.*, 3, 1937, p. 82.
([3]) *Chem. Ind.*, 58, 1939, p. 1021.
([4]) *Bioch. J.*, 33, 1939, p. 1262.

disodique (pH 9,5). Après centrifugation, le résidu est extrait pendant deux à trois heures à 37° par un poids égal d'eau. Le nouvel extrait est fractionné une fois au sulfate d'ammonium à 45-50 % de saturation (pH 5,6); le précipité obtenu est redissous dans une solution au tampon de phosphate 0,05 M de pH 8,8. Le précipité obtenu par un nouveau fractionnement au sulfate d'ammonium à 46-50 % de saturation contient la protéine active qu'on dissout dans une solution au tampon de phosphate 0,2 M, de pH 6,2.

Le foie de chien est broyé au blendor avec un égal volume d'eau. Après centrifugation, l'extrait est traité à froid par deux volumes d'acétone glacée. Le précipité est dissous dans de l'eau. Après centrifugation, la solution est fractionnée au sulfate d'ammonium à 48-58 % de saturation. Le précipité dissous dans une solution 0,05 M de phosphate (pH 8,8) est soumis à un traitement identique au premier. Le nouveau précipité contient la protéine active qu'on dissout dans l'eau distillée.

La phosphorylation de la thiamine s'opère en mettant la solution enzymatique en contact avec $100^{\mu g}$ de thiamine + 1^{cm^3} de solution 0,2 M de phosphate (pH 6,2 pour la levure et 7,2 pour le foie) + $0^{cm^3},1$ de solution 0,1 M de sulfate de magnésium + 3 à 5^{mg} d'adénosine triphosphate + $0^{cm^3},5$ de jus de levure bouillie (la levure lavée en milieu alcalin et bouillie pendant 30 minutes à 100° C. fournit le jus utilisé). Le mélange réactionnel (volume total : 3^{cm^3}) est placé dans la fiole de Warburg et agité pendant 15 minutes à 30°. Ensuite on prélève $0^{cm^3},5$ de liquide et l'on dose l'activité cocarboxylasique en présence de $0^{mg},25$ de pyruvate de sodium et de 100^{mg} de levure alcaline.

La teneur en protéine est dosée par la méthode au biuret ([5]).

Nous avons observé que, dans le cas de la levure, $49^{\mu g}$ de protéine sont capables de produire dans ces conditions $4^{\mu g},8$ de cocarboxylase (soit $97^{\mu g}$ de coenzyme par milligramme de protéine). Dans les mêmes conditions 1^{mg} de protéines extraites du foie synthétisent $7^{\mu g},5$ de thiaminepyrophosphate. La phosphorylation se produit indifféremment sous atmosphère d'azote ou d'oxygène. Le rendement est le même après 10 minutes ou après 30 minutes de contact, en présence de $100^{\mu g}$ de thiamine ou d'une quantité double de vitamine.

En définitive, la fixation d'un groupe pyrophosphorique sur la thiamine se fait indépendamment de tout processus d'oxydation; elle se produit en présence d'un transporteur de phosphate, l'adénosinetriphosphate. La réaction est très rapide; elle atteint presque d'emblée son équilibre qui ne semble pas dépendre de la teneur en thiamine.

Autant par la présence d'adénosinetriphosphate, indispensable à la réaction,

---

([5]) H. W. ROBINSON et C. G. HOGDEN, *Journ. of Biol. Chem.* **135**, 1940, p. 707.

que par les caractères cinétiques énumérés, l'enzyme phosphorylant la thiamine se comporte comme une phosphokinase dont la purification sous une forme très active est possible.

MICROBIOLOGIE. — *Lésions lymphocytaires d'origine adrénalinique. Leur similitude avec les lésions provoquées par l'endotoxine typhique.* Note de M. **Albert Delaunay**, M[mes] **Jacqueline Lebrun** et **Marcelle Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dans une Communication précédente ([1]) nous avons montré que l'adrénaline en solution dans l'eau est capable de produire localement, après injection sous-cutanée chez le Cobaye, une nécrose étendue et que celle-ci relève essentiellement des modifications vasculaires déterminées par l'hormone. Au cours des nouvelles expériences qui sont rapportées ici, nous sommes parvenus à provoquer avec le même produit des nécroses, non plus localisées, mais disséminées dans tout l'organisme.

Dix-huit souris blanches ont été soumises à des injections répétées, par voie intrapéritonéale, d'adrénaline en solution aqueuse. Au cours de ce traitement, plusieurs souris sont mortes naturellement, d'autres ont été sacrifiées. Elles ont été autopsiées aussitôt. Le traitement a été complet pour 6 animaux et a comporté, en 15 jours, 4 injections d'hormone (20μg, 25μg, 33μg, 33μg) sous le volume de 1$^{cm^3}$. L'autopsie de ces animaux a été faite 1, 3 et 4 jours après la dernière injection. Dans chaque cas, nous avons prélevé simplement les ganglions du cou, le thymus et la rate, des études antérieures ([2]) ayant attiré notre attention sur la fragilité toute particulière des éléments lymphocytaires. Les organes ont été fixés dans le liquide de Bouin, coupés et colorés par les techniques histologiques habituelles. Les résultats que nous a fournis la lecture des coupes complètent ceux de P. L. Drouet, P. Florentin et V. Entcheva ([3]) et confirment ceux de G. Carrière, J. Morel et P. J. Gineste ([4]). Ils indiquent, sans exception, qu'on peut obtenir des lésions très importantes du tissu lymphoïde en mettant en œuvre l'hormone médullo-surrénale.

Les lésions les plus nettes se trouvent dans le thymus. L'atteinte de la rate, et surtout des ganglions, est relativement moins marquée. Toutefois, pour chacun de ces organes, les lésions sont du même type. Il s'agit, d'une part, de lésions congestives et hémorragiques, surtout nettes chez les animaux qui ont succombé brusquement quelques minutes ou quelques heures après une injection d'adrénaline; d'autre part, de lésions cellulaires. Vingt-quatre heures après chaque injection d'hormone, existe dans tous les organes lymphoïdes une vague de pycnoses. Les cellules thymiques sont les plus touchées; l'atteinte splénique et ganglionnaire reste le plus souvent localisée dans les centres germinatifs. Si le traitement adrénalinique n'a pas été maintenu (fait observé chez des souris qui ont été

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 314.
([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 133.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 73.
([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 46.

sacrifiées trois jours après une seule injection d'hormone), les lésions dégénératives tendent à se résorber rapidement pour faire place à une hyperplasie des cellules lymphocytaires et, à un degré moindre, des éléments histiocytaires. Les foyers de congestion hémorragique disparaissent aussi. Au contraire, lorsque les injections d'adrénaline ont été poursuivies, le processus nécrotique finit par frapper tout le tissu, les foyers mortifiés étant limités par une réaction scléreuse.

Nous avons tenu à faire une étude comparative entre ces lésions adrénaliniques et celles que provoque, chez la Souris, l'endotoxine typhique. Déjà, nous savions que ce poison bactérien altère gravement le tissu lymphoïde du Cobaye ([5]).

31 souris blanches ont été traitées par des injections répétées, intrapéritonéales, d'endotoxine typhique en solution aqueuse (1 injection de $40^{\mu g}$ tous les 4 jours, 4 injections au maximum). Un certain nombre d'animaux sont morts ou ont été sacrifiés en cours de traitement, les autres ont été tués le lendemain de la dernière injection. Dans chaque cas, nous avons prélevé, selon notre technique habituelle, les organes lymphoïdes, (ganglions du cou, thymus et rate). Sur coupes de ces organes, nous avons trouvé des lésions exactement comparables à celles que nous avons décrites précédemment.

La similitude des lésions découvertes chez les souris traitées par l'adrénaline ou par l'endotoxine paraît indiquer que, dans les deux cas, un mécanisme identique est intervenu. A notre avis, il convient surtout de mettre en cause des perturbations vasculaires; sur la nature de celles-ci, nous reviendrons ultérieurement.

Le même mécanisme interviendrait encore, selon nous, dans la genèse des lésions lymphocytaires qu'on observe souvent après injection de produits toxiques divers (colorants, benzol, diphénols, etc.). Mais peut-on en faire état pour expliquer, au moins partiellement, l'apparition des altérations cellulaires que déterminent *in vivo* les poisons caryoclasiques comme la colchicine? Seules, de nouvelles recherches permettront de répondre à cette difficile question.

BIOMÉTRIE LEUCOCYTAIRE. — *Essai d'interprétation dynamique des courbes en cloche de Gauss.* Note (*) de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

On sait que : 1° par l'étude statistique des diagrammes leucocytaires obtenus en portant les temps en abscisses et les pourcentages de polynucléaires de la formule leucocytaire simplifiée en ordonnées, j'ai montré la nécessité d'introduire *la notion d'échelle de temps* en Biométrie leucocytaire. C'est ainsi que je

([5]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 154.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

n'ai pu obtenir un ajustement aussi continu et aussi régulier que possible de ces diagrammes qu'en effectuant les prélèvements sanguins *à intervalles de* 1 *à* 10 *minutes au plus;* 2° à cette échelle de temps, les diagrammes leucocytaires se décomposent en séries de portions de courbes en cloche de Gauss, limitées à leurs bases par leurs points d'inflexion ([1]), dont l'équation générale s'écrit ([2])

$$(1) \qquad y = \frac{H}{\sqrt{2\pi m}} e^{-\frac{1}{2m}\left(1-\frac{1}{2m}\right)\lambda^2+\left(1+\frac{1}{2m}\right)\lambda}, \qquad \text{avec} \quad m > \frac{1}{2},$$

dépendant des paramètres H et m. y représente les pourcentages de polynucléaires rapportés au niveau de l'asymptote à la courbe théorique entière; $e = 2,718$, m se définit comme il suit : l'existence de ces courbes et des points d'inflexion qui les limitent a pour conséquence les deux définitions suivantes ([2]) :

a. J'appelle *phase leucocytaire* l'ensemble des processus de libération des polynucléaires dans le sang circulant, dont la durée est comprise entre les points d'inflexion d'une courbe en cloche; *b*. j'appelle *période d'incubation*, la durée des processus polygénétiques qui ont donné naissance à cette *phase*. La *correspondance* ([2]) existant entre les deux se traduit, dans mes calculs, par le fait que tout se passe comme si la seconde avait été partagée, après coup, par les intervalles de temps compris entre les prélèvements sanguins successifs effectués dans la première; en sorte que, le paramètre m est la moyenne de ce partage. A l'origine de ma théorie, λ représente l'écart existant entre m et le temps t discontinu lié aux processus polygénétiques. A l'échelle des minutes, où l'on obtient une représentation aussi continue et aussi régulière que possible des diagrammes leucocytaires, j'ai précédemment admis ([2]) que, dans la proportionnalité exprimée par les équations (1), t est très voisin du temps ordinaire.

Du *point de vue physique*, ces équations se retrouvent dans les conditions ci-après : m représente un temps, par définition; dans l'exponentielle du second membre de l'égalité (1), le coefficient α de λ^2 a pour dimension unique -1 par rapport au temps; le coefficient β de λ n'a pas de dimensions. Par suite, si y' est la dérivée première de y, les expressions $-2\alpha y$ et $-2\alpha\lambda y'$ sont homogènes et *représentent des forces* à la condition que, par sa définition même, y représente n fois une *quantité de mouvement unitaire* q constante, *propre au polynucléaire*.

L'équation d'inertie donnée par Delevski pour les populations, prise ici sous la forme $ay'' = \beta y'$, où a est une constante, d'équation convenable de dimensions, pour des raisons d'homogénéité [nécessairement liée à l'échelle de

---

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 236.

temps], à laquelle *je donne la valeur* 1 *à l'échelle des minutes* et complétée par ces forces, nous fournit l'équation différentielle du second ordre ci-après

$$n'' = -2\alpha\lambda n' + \beta n' - 2\alpha n \quad \text{avec} \quad y = nq,$$

qui, sous la condition $n' = 0$ pour $\lambda = \beta/2\alpha$, admet comme intégrale la forme (1) quand on y remplace α et β par leurs expressions en fonction du paramètre m.

Dès lors, en remontant le courant de mes travaux :

1° L'introduction de la notion de force dans le domaine leucocytaire par l'intermédiaire de la quantité de mouvement; 2° le fait que dans l'organisme sain, les pourcentages de polynucléaires restent les mêmes au cours du temps, aux erreurs de numération près (3); 3° l'existence des rythmes leucocytaires et de leurs périodes dans les cas pathologiques en évolution (4) nous invitent à admettre que les comportements de ces rythmes, au cours du temps, sont des propriétés de *régulateurs cellulaires* qui maintiennent la régulation leucocytaire observée dans l'organisme sain, et dont les déplacements d'équilibre se manifestent par les rythmes leucocytaires dans les cas pathologiques en évolution.

La séance est levée à 16h.

R. C.

---

(3) *Le sang*, n° 4, 1947, p. 255.

(4) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231; **224**, 1947, p. 965; *Ac. Médecine*, **131**, 1947, p. 508.

ERRATA.

(Séance du 31 mai 1948.)

Note de M. *Maurice Piettre*, Protéines et anticorps dans les sérums antimicrobiens :

Page 1817, ligne 25, *au lieu de* immunosérums, *lire* immunsérums;
» » » 26, *au lieu de* liquides, *lire* lipides;
» 1818, » 1, *au lieu de* à plus de 80 %, *lire* pour plus de 80 %;
» » » 35, *au lieu de* 60 à 80 %, *lire* 60 %;
» 1819, » 16, *au lieu de* d'anticorps, *lire* d'antigènes.

(Séance du 12 juillet 1948.)

Note de M[lle] *Lucette Clément*, Étude de la surface de Riemann de $f(z) = e^{hz}\frac{e^{z-1}}{z}, h > 0$:

Page 256, ligne 12, *au lieu de* $e^{hz}\frac{e^{z-1}}{z}$, *lire* $e^{hz}\frac{e^{z}-1}{z}$.

(Séance du 23 août 1948.)

Note de M[me] *Raluca Ripan*, Étude physico-chimique sur la constitution des hétéropolyacides. Interprétation de la basicité des hétéropolyacides :

Page 476, ligne 3, *au lieu de* Ainsi nous trouvons 3 pour les acides phosphoriques, 12 pour les acides molybdéniques et 12 pour les acides tungstiques, *lire* Ainsi nous trouvons 3 pour les acides phospho-12 molybdénique et phospho-12 tungstiques.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1948.

Quelques observations et expériences nouvelles et leurs conséquences pour les théories de la physique, par F. PRUNIER. Extrait de *Archives des sciences physiques et naturelles,* 5e période, Vol. XXVIII, fasc. IV et V. Genève, Institut de physique de l'Université; Paris, H. Le Soudier; Londres, Dulau et Cie; New-York, G. E. Stechert et Cie, 1946; 1 fasc. 23cm.

Idem. — Par F. PRUNIER, Extrait de *Archives des sciences.* Vol. I, fasc. I. Genève, Georg et Cie, 1948; 1 fasc. 23cm.

Journal de mathématiques pures et appliquées. 9e série, publiée par HENRI VILLAT, Tome XXVII. *Recherches sur les fonctions harmoniques dans un carré,* par NATAN ARONSZAJN. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 fasc. 27cm.

Encyclopédie biologique. Tome XXXI. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France,* par PAUL FOURNIER. Tome II. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm.

Berzelius et Marcet. Une scène historique, par ALEXANDRE DE MURALT. Berne, Imprimerie Stæmpfli et Cie, 1948; 1 fasc. 24cm,5 (présenté par M. G. Bertrand).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Wander Johannes de Haas**, Associé étranger de l'Académie, **Manne Siegbahn**, Membre de l'Académie Royale des Sciences de Suède, **John Edward Sears**, Président du Comité International des Poids et Mesures, **Gino Cassinis**, Membre de l'Académie des *Lincei*, **Frantisek Pisek**, Professeur à l'École supérieure technique de Brno, Membre de l'Académie Masaryk, **Lucien Hibbert**, Recteur de l'Université de Port-au-Prince, Représentant de la République de Haïti à l'Assemblée des Nations Unies, **James-Montrose-Duncan Olmsted**, Professeur de Physiologie à l'Université de Berkeley, qui assistent à la séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie vient de perdre l'un des membres de sa section des membres libres, en la personne de **Gustave Roussy**, décédé le 30 septembre dernier.

Né en 1874, Gustave Roussy commença sa carrière comme interne des hôpitaux de Paris, et chef de travaux au Collège de France, en 1910, il devenait agrégé et chef de travaux d'anatomie pathologique à la Faculté de Médecine. Pendant la guerre de 1914, il fut médecin d'ambulance à la Xe armée, puis chef du centre neurologique à l'armée de Lorraine, et enfin à la VIIe région, de Besançon.

En 1925, il prenait la succession du Professeur Letulle dans la chaire d'Anatomie pathologique; en 1933 il devenait doyen de la Faculté de Médecine, en 1937, il était appelé au Rectorat de l'Université de Paris. En mars 1939, il était élu dans notre Académie.

Toutes les étapes de sa carrière sont jalonnées par des travaux considérables. Sa thèse de doctorat, en 1907, sur la couche optique, demeure aujourd'hui encore un ouvrage classique, et l'individualité anatomo-clinique qu'il a isolée avec Déjerine sous le nom de *syndrome thalamique* est actuellement admise par les neurologistes du monde entier.

Roussy a ensuite apporté une contribution importante à la question des localisations corticales; ses recherches expérimentales, en collaboration avec Camus, ont mis en valeur le rôle joué par la méningite dans la genèse des cavités médullaires.

Dans le domaine de l'Endocrinologie, Roussy a poursuivi sur le corps thyroïde et les parathyroïdes, une série de travaux dont certains ont ouvert la voie à de nouvelles recherches, et dont plusieurs ont abouti à des résultats universellement acceptés aujourd'hui.

Mais dans le domaine des glandes endocrines, ce sont surtout les travaux poursuivis par Roussy sur l'hypophyse et le *tuber cinereum*, en collaboration avec Jean Camus jusqu'en 1914, puis avec M. Mosinger jusqu'en 1932, qui méritent de retenir l'attention. En effet Roussy a été conduit ainsi à déposséder l'hypophyse de plusieurs des fonctions qui lui étaient jusqu'alors attribuées; ces conclusions furent d'ailleurs violemment discutées, elles furent cependant confirmées par les physiologistes et les neurologistes de l'Europe et des États-Unis. Ensuite, de nouvelles recherches sur le système hypophysaire, à la faveur des techniques modernes et récentes, sont venues consolider les résultats présentés par Roussy. Je n'insisterai pas, naturellement, sur les détails des expériences poursuivies par notre confrère sur le système neuro-végétatif, le système cérébro-spinal, et plus particulièrement le système moteur extra-pyramidal. Je signale seulement les études sur la neuro-régulation de l'hypophyse, sur l'influence du ganglion cervical supérieur sur les sécrétions hypophysaires, et sur des phénomènes auxquels il a attaché le nom de neuricrinie (par opposition à la neurocrinie), et qui éclairent singulièrement le mécanisme des fonctions endocriniennes.

Mais j'ai hâte d'en venir à la partie la plus essentielle de l'œuvre de Roussy. A partir surtout de 1918, il s'est attaché à l'étude expérimentale du cancer : production expérimentale du cancer par le goudron, études anatomo-pathologique et biologique du cancer.

Il a, le premier, attiré l'attention sur le rôle du *facteur terrain* dans la production du cancer, puis il a poursuivi une étude méthodique du mode de réaction des tissus envahis. Il en a déduit des conclusions importantes quant au comportement des tissus à l'égard des radiations, permettant d'expliquer pourquoi les radiations peuvent être ou non indiquées pour tenter une guérison, les tissus déjà irradiés pouvant n'être plus en état de subir une nouvelle irradiation.

De l'étude des tumeurs du système nerveux, Gustave Roussy a tiré des déductions générales qui peuvent s'appliquer à toutes les tumeurs. Il a notamment mis en évidence qu'une tumeur formée d'éléments plus ou moins différenciés et rappelant des types embryonnaires, ne dérive pas nécessairement de cellules restées fixées à l'une des étapes de leur développement.

Ce bref exposé montre suffisamment, je pense, l'importance et l'intérêt des

travaux de Gustave Roussy; ces travaux ont reçu une large diffusion, soit par les mémoires originaux, soit par les ouvrages didactiques de l'auteur. Roussy a pris une part active à la lutte contre le cancer en France; il a créé lui-même cet Institut du Cancer, qui constitue une part éminente du patrimoine scientifique de la France. L'organisation matérielle de cet Institut qui lui est dû a déjà servi de modèle à plusieurs organisations analogues à l'étranger.

Il semble probable que les qualités d'organisateur déployées dans son décanat et à l'Institut du Cancer, ne furent pas étrangères au choix de Gustave Roussy en 1937, comme recteur de notre Université. Là encore, il fut un grand réalisateur et un grand entraîneur. Après une interruption imposée par la puissance occupante au cours de la dernière guerre, il avait repris ses fonctions après la libération. Plus d'un parmi nous pourrait dire les qualités de cœur qu'il a su y déployer.

Puis, il y a quelques mois, ce fut le coup de foudre, et le drame, que nous ne devons, ne voulons et ne pouvons ici connaître. Nous nous inclinons aujourd'hui avec émotion devant une immense et légitime douleur. Nous n'oublierons pas les services éminents rendus par Gustave Roussy à la science, à l'art thérapeutique et à la haute administration. Et maintenant dans un grand sentiment de détresse, notre pensée se reporte irrésistiblement sur les vers célèbres, admirables et terribles, par lesquels Sophocle termine son Œdipe-Roi : « Si tu veux juger la destinée d'un homme, il est nécessaire d'attendre son dernier jour, avant de pouvoir affirmer si cet homme a été heureux ».

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet produit sur la constante d'équilibre et la vitesse de transformation d'un système chimique par l'addition d'un adjuvant faisant varier la chaleur de réaction.* Note (*) de M. **Émile Briner.**

Comme il a été montré dans une précédente Note ([1]), lorsque, par l'addition d'un adjuvant, l'entropie ΔS d'une réaction n'est pas modifiée, le changement apporté, pour cette réaction, à l'énergie libre $\Delta^{I}G - \Delta^{II}G$ s'égale au changement apporté à l'enthalpie $\Delta^{I}H - \Delta^{II}H$ ou à la chaleur $Q_p^{II} - Q_p^{I}$ de la réaction.

D'un point de vue pratique, il convient d'examiner la portée de cette déduction sur l'équilibre d'un système, tel qu'il est caractérisé par la constante d'équilibre K_p. Il suffit pour cela d'appliquer l'équation bien connue, reliant ΔG et K_p :

$$\Delta G = -RT \ln K_p$$

à la réaction sans adjuvant (I) ou avec adjuvant (II), ce qui conduit à

$$\Delta^{I}G - \Delta^{II}G = \Delta^{I}H - \Delta^{II}H = Q_p^{II} - Q_p^{I} = RT \ln \frac{K_p^{II}}{K_p^{I}}.$$

(*) Séance du 27 septembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 661.

Dans cette expression, pour le type de réaction considéré, $Q_p^{II} - Q_p^I$ est, à peu de choses près, indépendant de la température et peut, par conséquent, être calculé directement à partir des données thermochimiques trouvées dans les Tables pour des températures voisines de la température ordinaire.

Selon la relation ci-dessus, la répercussion sur la constante d'équilibre du gain thermochimique, dû à l'addition de l'adjuvant, peut être très marquée, car ce gain augmentant en progression arithmétique, le rapport K_p^{II}/K_p^I augmente en progression géométrique.

C'est ainsi que, dans l'exemple, cité dans la précédente Note, de l'hydrolyse du chlorure $CaCl_2$ par la vapeur d'eau, où $K_p = P_{HCl}^2/P_{H_2O}$, le calcul ([2]) montre que la pression d'équilibre P_{HCl} pour $P_{H_2O} = 1$ atm passe, à 900°K. et pour l'adjuvant SiO_2, de $6,3 . 10^{-5}$ atm à $1,6 . 10^{-4}$ atm.

On notera aussi que l'effet produit sur la constante d'équilibre, et par conséquent sur les pressions d'équilibre des constituants gazeux du système, diminuera avec la température croissante; de ce fait, la présence d'adjuvant pourra être particulièrement efficace aux températures peu élevées.

La valeur pratique de l'intervention d'un adjuvant apparaît encore plus importante, si l'on remarque que la vitesse de dégagement des gaz, tels que HCl ou SO_2 dans les réactions considérées, augmentera avec la pression d'équilibre de ces gaz; autrement dit, le rendement de ces opérations pourra être fortement amélioré par l'addition d'adjuvants appropriés.

A titre d'application de ces vues, nous relèverons les constatations faites sur l'action remarquable exercée par un adjuvant, le kaolin déshydraté (métakaolin), de formule brute $2SiO_2.Al_2O_3$, dont le rôle s'interprète bien, si l'on prend précisément en considération les particularités thermochimiques caractérisant ce corps ([3]), formation endothermique (— 15,8 kcal) ([4]) à partir de $2SiO_2$ et Al_2O_3 et de décomposition fortement exothermique (+ 45,9 kcal) au-dessus de 1170°C. en SiO_2 et $SiO_2.Al_2O_3$ (sillimanite).

Voici, par exemple, les effets comparés ([5]) de la silice et du métakaolin sur l'équilibre de dissociation du sulfate de potassium à 950°C., température à laquelle ce corps est encore solide.

K_2SO_4	Seul.	+ silice.	+ métakaolin.
Tension de dissociation en mm Hg	21	34	248

Le fort accroissement de la tension de dissociation, c'est-à-dire de la pression d'équilibre des gaz dégagés ($SO_2 + 1/2\ O_2$), lorsqu'on passe de la silice au métakaolin, résulte, comme on pouvait le prévoir, du gain beaucoup plus élevé réalisé sur la chaleur de réaction.

([2]) E. BRINER et N. CAGNAUX, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 556.

([3]) KLEVER et KORDES, *Verh. Kais. Vilh. Inst. Silikatf.*, 3, 1930, p. 17.

([4]) Tschernobaeff et Wologdine avaient trouvé auparavant la valeur — 12 kcal (*Comptes rendus*, 154, 1912, p. 208).

([5]) Valeurs extraites d'un mémoire de E. Briner, G. Pamm et H. Paillard, destiné à paraître dans un autre Recueil, dans lequel seront aussi exposés les résultats obtenus dans l'étude de la dissociation des sulfates $CaSO_4$ et Na_2SO_4.

Effectivement, d'après les calculs, en remplaçant comme adjuvant la silice par le métakaolin ([6]), l'endothermicité de la réaction de dissociation de K_2SO_4, qui est très endothermique, passe de -110^{kcal} à -61^{kcal}. Ce gain est dû, pour une part tout au moins, à l'endothermicité de la formation du métakaolin ([7]) à partir de $2SiO_2$ et de Al_2O_3; car, en utilisant le métakaolin transformé par chauffage à 1200°C., la tension de dissociation tombe, à 900°C, de 192 à 41^{mm} Hg.

Comme exemple de l'effet exercé par le métakaolin sur une vitesse de transformation, dans une réaction du type envisagé, nous citerons quelques résultats ([8]) relatifs à l'hydrolyse, à 700°C. de NaCl par la vapeur d'eau :

NaCl........	Seul	$+SiO_2$	$+(2SiO_2+Al_2O_3)$	$+(2SiO_2Al_2O_3)$
R (%)........	3,2	7	8,8	62

R y représente le rendement en % de la production de HCl rapporté à celui de l'hydrolyse totale de NaCl.

On remarquera l'accroissement très élevé de R lorsqu'on passe du mélange $2SiO_2+Al_2O_3$, de composition répondant à la formule du métakaolin, au métakaolin lui-même. Cet accroissement est dû aussi au gain réalisé sur la chaleur de réaction, en raison de la particularité thermochimique du métakaolin signalée plus haut.

Ces résultats montrent l'utilité, pour l'étude de toute une série de réactions, du raisonnement basé sur les données thermochimiques, dont la validité pratique a été établie dans ces Notes.

M. **Emmanuel de Margerie**, en déposant sur le Bureau de l'Académie le tome IV de son Ouvrage *Critique et Géologie*, qui vient de paraître ([1]), s'exprime en ces termes :

La région du Jura répond à la chaîne de montagnes la plus régulière de l'Europe Centrale. Aussi a-t-elle fait l'objet, depuis plus d'un siècle, d'un grand nombre de travaux, de la part des géologues français, suisses et allemands. C'est à fournir un aperçu des principaux d'entre eux qu'est consacré le présent Volume.

Après un premier essai de synthèse présenté, vers 1830, par le Géologue alsacien Thurmann aux environs de Porrentruy, sont venues les Études de Gressly sur le Jura Soleurois, suivies de monographies plus ou moins poussées du Jura Bâlois, du Jura Argovien, du Jura Bernois et du Jura Neuchatelois

---

([6]) Selon les analyses le corps solide formé par la réaction est un silicoaluminate de formule brute $2SiO_2.Al_2O_3.K_2O$.

([7]) Dans ses recherches sur la dissociation de $CaSO_4$, G. Marchal (*J. Chim. Phys.*, **23**, 1926, p. 38) avait attribué aussi l'action favorable du kaolin à la formation endothermique de ce corps à partir de Al_2O_3 et de $2SiO_2$.

([8]) Valeurs extraites de l'article de E. Briner et P. Roth (*Helv. Chim. Acta*, **31**, 1948, p. 1352).

([1]) In-4°, XXII-393 pages, 214 figures, Paris, 1948 (Armand Colin).

et Vaudois, par Müller, Moesch, Greppin et Jaccard. De son côté, la recherche des traces laissées par les anciens glaciers a occupé J. de Charpentier et L. Agassiz, puis Falsan et Chantre à Lyon, Alph. Favre à Genève et F. Mühlberg à Aarau. Desor a étudié le régime des sources et des cours d'eau, Arnold Guyot et Delebecque les lacs, et Lesquerreux a décrit les tourbières du Haut-Jura. Enfin, un grand nombre de coupes ont été dessinées; Hans Schardt, qui fut professeur à Neuchatel, en particulier, et à la mémoire duquel mon volume est dédié, en a exécuté près de cent.

Dans une seconde partie, je reproduis à une échelle réduite les diverses feuilles de la Carte géologique de la France représentant la région du Jura, en analysant tous les accidents tectoniques qui s'y trouvent figurés. C'est un simple résumé du commentaire détaillé de la Carte structurale qui a paru en 1938, dans la série des *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France*.

Enfin vient une reproduction des comptes rendus consacrés à cet Ouvrage dans diverses Revues françaises ou étrangères et des lettres qui m'ont été envoyées à ce sujet. Quelques articles mineurs complètent cet ensemble.

DÉSIGNATIONS.

Le Secrétaire général de la **Société de Biologie** invite l'Académie à se faire représenter à la séance inaugurale qui aura lieu le 22 octobre 1948, à la Faculté de Médecine, à l'occasion du Centième anniversaire de la fondation de cette Société.

MM. **Maurice Caullery**, **Justin Jolly**, **Léon Binet**, **Gaston Ramon**, **Robert Courrier**, **Charles Laubry**, **René Leriche** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Chimie agricole et biologique*, vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi aux Sections de Chimie et d'Économie rurale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Arthur Brunel. *Traité pratique de Chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'Agronomie métropolitaine et coloniale*. Tome I.

2° Noël Boudarel. *Les richesses de la mer. Technologie biologique et océanographique* (présenté par M. L. Fage).

3° Faune de l'Empire français. X. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (deuxième partie), par RENÉ JEANNEL (présenté par M. L. Fage).

4° PEDRO BELOU. *El Hombre, nuestro tema morfologico.* — *Revision anatomica del sistema arterial*, volumes I, II, III. — *Atlas de Anatomia del Organo del Oido y de las regiones con él vinculadas.* — *Conferencias y discursos durante diez años de actuacion universitaria* 1914-1924. — *Anatomia de los conductos biliares y de la arteria cistica.* — *Tratado de parasitologia animal*, parte Ia. — *Contribucion al estudio de la anatomia de los huesitos, ligamentos y articulaciones del oido medio; relaciones con la mucosa de la caja del timpano* et plusieurs brochures relatives à ses travaux d'Anatomie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes comprenant autant d'équations aux dérivées partielles que de fonctions inconnues.* Note de M. **MAURICE JANET**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Soient n expressions différentielles linéaires données à n fonctions indéterminées de $m+1$ variables indépendantes

$$E_i \equiv A^{(i,1)}(u_1) + A^{(i,2)}(u_2) + \ldots + A^{(i,n)}(u_n),$$

où les $A^{(i,k)}$ sont des opérateurs différentiels linéaires analytiques, c'est-à-dire de la forme $\Sigma a^{(i,k)}_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{m+1}}(\partial^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_{m+1}}/\partial x_1^{\alpha_1}\,\partial x_2^{\alpha_2}\,\ldots\,\partial x_{m+1}^{\alpha_{m+1}})$, les a étant des fonctions analytiques données des $m+1$ variables $x_1, x_2, \ldots, x_{m+1}$. Les expressions E_i seront dites former un système *normal* si le système d'équations obtenues en les égalant à zéro est, éventuellement après changement de variables, résoluble par rapport aux dérivées $(\partial^{h_i}u_i/\partial x_1^{h_i})$, h_i étant l'ordre de ce système par rapport à u_i. Les expressions E_i seront dites *indépendantes* s'il n'existe pas d'opérateurs différentiels linéaires $D_1, D_2, \ldots, D_n$ (non tous nuls) tels que $D_1E_1 + D_2E_2 + \ldots + D_nE_n$ soit identiquement nul quelles que soient les u. On sait que des expressions indépendantes ne forment pas nécessairement un système normal. Mais on peut démontrer aisément que la condition *nécessaire et suffisante* pour que les E_i soient *indépendantes* est que l'on puisse *en déduire par dérivations et combinaisons linéaires un système normal.*

2. Soient n équations aux dérivées partielles, linéaires, analytiques, d'ordre h par rapport aux n inconnues. Supposons que ces équations ne forment pas un système normal. M. A. Finzi a indiqué récemment [1] un procédé régulier qui, appliqué hn fois au plus, conduit à un système normal ou bien met en évidence le fait que les expressions *premiers membres* ne sont pas indépendantes. Si ρ est le nombre de fois que le procédé a dû être appliqué, la solution générale dépend de $hn-\rho$ fonctions arbitraires de m variables (et peut-être de fonctions arbitraires de moins de m variables).

---

[1] *Indagationes Mathematicæ*, 9, (1,2), 1947 (Amsterdam).

On doit remarquer que le nombre ρ est lié aussi à d'autres circonstances : on arrive, *en se bornant au cas général*, à mettre en évidence une équation déduite par dérivations et combinaisons linéaires des équations données, pour laquelle l'ordre réel est *inférieur précisément de* ρ *unités* à celui auquel conduiraient simplement l'ordre des équations données et l'ordre des dérivations faites ([2]). D'autres cas, très variés, peuvent d'ailleurs se présenter, comme le montrent des exemples simples.

3. Le type correspondant à $\rho = hn$ est particulièrement remarquable. J'ai émis l'hypothèse, il y a longtemps déjà ([3]), qu'il y a alors toujours *détermination complète*. Peut-être les travaux de M. Finzi pourront-ils aider à la démonstration du fait présumé. Cette démonstration n'aurait pas seulement un intérêt pour le résultat lui-même : il semble probable qu'elle conduirait à découvrir des propriétés encore cachées des types correspondant aux autres valeurs de ρ. Quoi qu'il en soit, il est intéressant de mettre spécialement en évidence les systèmes à solutions déterminées. En voici un exemple d'une assez grande généralité

$$\mathcal{D}_i(\Delta_1 u_1 + \Delta_2 u_2 + \ldots + \Delta_n u_n) - u_i = f_i \quad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les op. d. l. $\mathcal{D}$, Δ étant simplement tels que $\Delta_1 \mathcal{D}_1 + \Delta_2 \mathcal{D}_2 + \ldots + \Delta_n \mathcal{D}_n$ se réduise *à l'ordre zéro*, sans se réduire à l'opérateur identique.

4. Il résulte du théorème général indiqué au début que si d'un système linéaire de n équations à n inconnues on peut tirer par dérivations et combinaisons linéaires n expressions déterminées pour les n inconnues, le système est *par cela même compatible* quels que soient les *seconds membres*; on sait donc *a priori* que les expressions obtenues satisfont au système.

Cela n'est vrai, bien entendu, que s'il s'agit d'un système *analytique*. Si l'on ne fait que des hypothèses générales sur l'existence et la continuité des dérivées, jusqu'à un certain ordre, pour les fonctions *seconds membres* par exemple, il peut naturellement se faire que les expressions trouvées, tout en ayant un sens, ne satisfassent pas aux conditions de régularité nécessaires pour constituer une solution; d'autre part, si elles y satisfont, rien ne prouve *a priori* qu'elles en constituent bien une : la vérification sera nécessaire.

5. Le cas où les E_i ne sont pas indépendantes conduit (en se bornant à $n = 2$) à la conséquence suivante : considérons les conditions de compatibilité d'un système linéaire de deux équations à une inconnue $A(u) = f$, $A'(u) = f'$; ces conditions ne peuvent pas en général se déduire par dérivations et combinaisons linéaires d'une seule d'entre elles; elles le pourront d'un nombre fini k

---

([2]) Ces remarques ont aussi leur application quand on ne se borne pas aux systèmes linéaires. C'est ainsi que les équations classiques de l'applicabilité des surfaces ($n = 3$, $h = 1$, $\rho = 1$) conduisent à mettre en évidence une équation d'ordre apparent 3 et d'ordre réel 2 [qui s'écrit, avec les notations usuelles, $2S(x_{uv}^2 - x_{u^2} x_{v^2}) = E_{v^2} - 2F_{uv} + G_{u^2}$.

([3]) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1637.

d'entre elles, en général supérieur à 1. Mais si l'une d'elles $Df + D'f' = 0$ se trouve être condition de compatibilité d'un autre système $B(u) = f$, $B'(u) = f'$, les autres le sont nécessairement aussi ([4]) et *il n'y en a pas d'autre.*

On voit que *l'entier positif k est attaché au couple* d'op. d. l. D, D′ indépendamment de la solution particulière considérée pour l'équation (aux op. d. l. inconnus X, X′), $DX + D'X' = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une inégalité dans la théorie des fonctions méromorphes.* Note (*) de M. **E. F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. Considérons une fonction $f(z)$ méromorphe et non rationnelle définie dans le domaine $|z| < R \leq \infty$ et utilisons les définitions et les notations introduites dans une Note précédente ([1]) dont celle-ci est la suite.

Ces définitions nous permettent de généraliser un récent théorème de M. Selberg qui lui-même généralise des théorèmes antérieurs de l'auteur ([2]), de Teichmüller ([3]) et d'autres. Exprimons le théorème de M. Selberg ([4]) dans la forme directe que voici :

Si $f(z)$ est méromorphe et non rationnelle dans $|z| < R \leq \infty$, si pour un nombre complexe a donné et une constante $\sigma > 0$, la valence de $f(z)$ ne dépasse une constante $p < \infty$ dans aucun des domaines $G(a, \sigma)$ et si aucun de ces domaines n'est non borné, *on a*

$$(1)\qquad m(r, a) < p \log r + \overset{+}{\log} \frac{1}{\sigma} + O(1).$$

Nous avons démontré le théorème suivant :

Théorème. — (*i*). *$f(z)$ étant méromorphe dans $|z| < R \leq \infty$, supposons que pour un nombre complexe a donné il existe une fonction finie et positive $\sigma(r)$ qui soit ou bien une constante ou bien une fonction tendant vers* 0 *d'une façon monotone quand $r \to R$ et une fonction $p(r) \geq 0$ pour tout $r < R$ telles que* R *soit un point limite de l'ensemble* $E = E[a, \sigma(r), p(r)]$. *Dans ces conditions, on a, pour tout* $r \in E$:

$$(2)\qquad m(r, a) < (\pi + \log r)\, p(r) + \overset{+}{\log} \frac{1}{\sigma(r)} + O(1)$$

([4]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 517.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 615.

([2]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1125-1127.

([3]) O. Teichmüller, *Eine Umkehrung des zweiten Hauptsatzes des Wertverteilungslehre* (*Deutsche Math.*, **2**, 1937, p. 99-103).

([4]) H.-L. Selberg, *Eine Ungleichung der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Theorie der meromorphen Funktionen* (*Comm. Math. Helveticæ*, **18**, 1946, p. 309-326).

dans le cas parabolique $R = \infty$; *et*

(3) $$m(r, a) < [\pi + o(1)]p(r) + \overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma(r)} + O(1)$$

dans le cas hyperbolique.

(*ii*). *Supposons réalisée la condition supplémentaire suivante, à savoir* (*) : *Il y a des nombres non négatifs* $A < R$ *et* $B < R$ *tels que, pour* $A < r < B$, *aucun domaine* $G_\nu[r, a, \sigma(r)]$, $[\nu \leqq \lambda(r)]$, *qu'il soit ou non borné, ne contienne une courbe fermée entourant la circonférence* $|z| = B$. *On a alors, pour* $R \leqq \infty$ *et pour tout* $r \in E$,

(4) $$m(r, a) < \frac{\pi}{2}p(r) + \overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma}(r) + O(1).$$

A partir de ce théorème nous obtenons de nouveaux résultats ayant un caractère métrique, concernant la distribution des valeurs exceptionnelles.

Remarque. — Dans le cas parabolique $R = \infty$ nous avons démontré ([5]) que $V[a, \sigma(r), p(r)] \subseteq E[a, \sigma(r)/2, p(r)]$; il s'ensuit que, dans ce cas, nous pouvons remplacer $E[a, \sigma(r), p(r)]$ par $V[a, \sigma(r), p(r)]$ dans l'énoncé du théorème.

Il suffira d'indiquer la démonstration de la partie (*i*) du théorème. La méthode est celle de Selberg avec des améliorations de détails.

Nous pouvons prendre $a = \infty$ et $E = E[\infty, \sigma(r), p(r)]$. Pour $r \in E$ chaque $G_\nu(r) = G_\nu[r, a, \sigma(r)]$ est *borné* et ne contient pas plus de $p(r)$ pôles de $f(z)$. Par conséquent nous pouvons, dans ce domaine, représenter $\log|\sigma(r)f(z)|$ par la somme d'un nombre au plus égal à $p(r)$ de fonctions de Green ayant chacune comme pôle un pôle de $f(z)$. Appelons Q_ν l'ensemble des arcs de la circonférence $|z| = r$, de longueur totale $\theta_\nu r$, contenus dans $G_\nu(r)$ et choisissons $\theta_1 \geqq \theta_2 \geqq \ldots \geqq \theta_{\lambda(r)}$ de telle façon que $\theta_\nu \leqq \pi$ pour $2 \leqq \nu \leqq \lambda(r)$; nous avons alors, suivant M. Selberg,

$$\sum_{\nu=2}^{\lambda(r)} \int_{Q_\nu} \log|\sigma(r)f(re^{i\varphi})|\,d\varphi < \pi^2 p(r) \sum_{\nu=2}^{\lambda(r)} \operatorname{tg}\frac{\theta_\nu}{4} < 2\pi^2 p(r).$$

Quant à $G_1(r)$, on montre aisément que, étant donné r_1, on peut trouver $r_2 > r_1$ tel que, $r_2 < r \in E$ entraîne que $G_1(r)$ soit à l'extérieur de la circonférence $|z| = r$ et, en suivant encore M. Selberg, on a

$$\int_{Q_1} \log|\sigma(r)f(re^{i\varphi})|\,d\varphi < 2\pi p(r)\log\frac{r}{r_1},$$

donc

$$\begin{aligned} m(r, \infty) &\leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|\sigma(r)f(re^{i\varphi})|\,d\varphi + \overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma(r)} \\ &= \frac{1}{2\pi}\sum \int_{Q_\nu} \log|\sigma(r)f(re^{i\varphi})|\,d\varphi + \overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma(r)} \\ &< \left(\pi + \log\frac{r}{r_1}\right)p(r) + \overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma(r)}. \end{aligned}$$

([5]) *Loc. cit.*, Note ([1]).

pour $r_2 < r \in E$. On déduit (2) et (3) de cette inégalité en observant que l'on peut choisir $r_1 > 1$ dans le cas où $R = \infty$ et $R/(1+\varepsilon) < r_1 < R$, $\varepsilon > 0$ étant arbitraire, dans le cas où $R < \infty$.

TOPOLOGIE. — *Un théorème sur l'homologie dans les espaces fibrés.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Hypothèses. — Soit E un espace fibré différentiable admettant B pour espace de base et F pour fibre-type, p la projection canonique de E sur B. Les variétés B, F, E sont supposées ici *compactes* et *orientables*, les fibres étant de plus *non homologues à zéro* dans E. Nous désignerons par n, q, $n+q$ les dimensions respectives de B, F, E.

1. Si A est une forme de degré $k+q$ définie sur E, C_k une chaîne de B, l'intégrale

$$\int_{\overset{-1}{p}(C_k)} A$$

définit une co-chaîne de B, l'anneau des coefficients étant l'anneau des réels. Il existe par suite une forme Ω de degré k définie sur B telle que

$$\int_{C_k} \Omega = \int_{\overset{-1}{p}(C_k)} A.$$

Cette forme sera représentée par le symbole

$$\Omega = \int_{F_x} A. \tag{1}$$

En raisonnant sur une chaîne C_{k+1} d'un voisinage de B, il résulte d'une double application de la formule de Stokes que

$$d\Omega = \int_{F_x} dA. \tag{2}$$

On en déduit que si A est respectivement fermée ou ~ 0 dans E, (1) lui fait correspondre une forme Ω respectivement fermée ou ~ 0 dans B. De plus, les fibres étant non ~ 0 dans E, il existe une forme *fermée* Θ, de degré q, définie sur E, telle que

$$\int_{F_x} \Theta = 1. \tag{3}$$

Par suite, toute forme Ω fermée définie sur B peut être atteinte en effectuant l'opération (1) sur la forme fermée

$$A = \overset{-1}{p}\,\Omega \wedge \Theta.$$

On en déduit :

Théorème. — *Dans les hypothèses énoncées, l'opération* (1) *définit une repré-*

sentation du groupe de cohomologie $H_{k+q}(E)$ *sur le groupe de cohomologie* $H_k(B)$. *Il en résulte les inégalités entre nombres de Betti*

$$b_k(B) \leqq b_k(E) \quad (k = 0, 1, \ldots, n).$$

Des cas particuliers intéressants de ce théorème figurent dans un autre travail de l'auteur (1).

2. La fibration définit dans l'espace E un champ complètement intégrable d'éléments à q dimensions : les éléments tangents aux fibres F_x de E. Ce champ peut être représenté localement par les équations $\omega_1 = \omega_2 = \ldots = \omega_n = 0$. Si la forme A de degré $k+q$ est de degré $> k$ par rapport aux ω_i, l'opération (1) lui fait correspondre une forme nulle. Nous dirons qu'une forme A fermée, de degré $k+q$, est congrue à zéro si son degré par rapport aux ω_i est $> k$. Le groupe $H_{k+q}(E)$ admet pour sous-groupe le groupe des classes de formes homologues à une forme congrue à zéro. Pour le groupe quotient, l'opération (1) définit encore une représentation sur $H_k(B)$.

3. Supposons que la fibre-type de E soit une sphère S_q et que les sphères fibres puissent être orientées continûment. On déduit du théorème précédent, à l'aide de (3) et des inégalités de Leray (2), le

COROLLAIRE. — *Dans les hypothèses énoncées et si de plus les fibres sont des sphères* S_q $(q \geqq n-1)$ *que l'on peut orienter continûment, les nombres de Betti de* E *sont ceux du produit topologique* $B \times S_q$.

D'autres conséquences de notre théorème sont relatives à la théorie des espaces homogènes (théorème de Samelson).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les faisceaux de complexes linéaires.* Note de M. ANDRÉ CHARRUEAU, présentée par M. Henri Villat.

1. Soient $C_1 + \lambda C_2 = 0$ l'équation, en coordonnées plückériennes, d'un faisceau Φ de complexes linéaires; Δ_1 et Δ_2 les axes des complexes spéciaux de Φ et λ_1, λ_2 les valeurs de λ correspondantes; B la congruence linéaire base de Φ; S le cylindroïde lieu des axes des complexes de Φ; H la droite double de S; π le plan, normal à H, passant par les deux génératrices principales, perpendiculaires, g_1 et g_2, de S; C_{p_1} et C_{p_2} les complexes de Φ dont les axes sont g_1 et g_2. On suppose que les coefficients de C_1 et de C_2 sont réels, que Δ_1 et Δ_2 sont distincts et non concourants et qu'il n'y a pas de dégénérescence de S.

1° On a souvent intérêt à prendre les axes de référence sur g_1, g_2 et H et à choisir, comme complexes de base de Φ, C_{p_1} et C_{p_2} dont les axes sont alors les

---

(1) *Comm. Math. Helv.* (mémoire sous presse).
(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 395.

droites Ox et Oy. Dans ce cas, λ est le coefficient angulaire de la projection orthogonale sur π de l'axe du complexe considéré. On a alors $\lambda_1+\lambda_2=0$, $\lambda_1^2=\lambda_2^2=-\nu_1/\nu_2$, ν_1 et ν_2 étant les paramètres de C_{p_1} et de C_{p_2}; et à tout couple de valeurs μ et μ' de λ telles que $\mu\mu'=-\nu_1/\nu_2$ correspondent deux complexes de Φ en involution. C_{p_1} et C_{p_2} sont en involution.

2° Les droites Δ_1 et Δ_2, qui sont réelles ou imaginaires conjuguées, sont deux génératrices associées de S.

3° Le lieu de la perpendiculaire commune à H et à chaque droite de B est S.

4° Soit D une droite quelconque ne rencontrant ni Δ_1, ni Δ_2.

a. Les droites conjuguées de D par rapport aux complexes de Φ constituent une semi-quadrique Q_1, qui contient Δ_1, Δ_2 et D. La semi-quadrique Q_2, complémentaire de Q_1, est formée des droites de B rencontrant D.

b. Considérons les droites D′ et D″ conjuguées de D par rapport respectivement aux complexes de Φ correspondant aux valeurs λ' et λ'' de λ, avec λ' et λ'' différentes chacune de λ_1 et λ_2, les complexes de base de Φ étant quelconques. D′ et D″ sont conjuguées par rapport à un complexe de Φ correspondant à une valeur, λ''', de λ, qu'on peut déterminer de diverses manières.

Supposons que D, qui ne rencontre ni Δ_1 ni Δ_2, ne rencontre pas non plus H. Soient P′ et P″ les plans parallèles à H passant respectivement par D′ et D″; L′ et L″ les droites de B situées respectivement dans P′ et P″. L'intersection de P′ et P″, qui est parallèle à H, passe par les intersections de D′ et L″ et de D″ et L′; elle perce S en un point de l'axe du complexe de Φ correspondant à λ'''. Les projections orthogonales sur π des axes des complexes de Φ correspondant à λ', λ'', λ''' passent respectivement par les intersections des projections orthogonales sur π de D et D′, D et D″, D′ et D″.

Si D rencontre H, sa conjuguée par rapport à tout complexe de Φ rencontre H.

c. Que D rencontre ou non H, la quadrique Q, qui comprend Q_1 et Q_2, est un hyperboloïde à une nappe si D n'est pas perpendiculaire à H et un paraboloïde hyperbolique si D est perpendiculaire à H. Dans le cas de l'hyperboloïde, le centre de celui-ci est situé dans π. Dans l'autre cas, toutes les droites de Q_1 sont parallèles à π.

d. Si D n'est pas perpendiculaire à H et rencontre H, la quadrique Q, qui est un hyperboloïde, passe par H, et l'intersection de Q et de S comprend une ellipse dont le centre est confondu avec celui de Q.

e. Si D est perpendiculaire à H et rencontre H, Q est un paraboloïde hyperbolique équilatère dont le sommet est placé sur H. La génératrice de Q perpendiculaire à H en ce sommet appartient à S. L'axe de Q est perpendiculaire à cette génératrice et à H.

5° Quand D rencontre Δ_1, ou Δ_2, ou Δ_1 et Δ_2, ou se confond avec Δ_1 ou Δ_2, on a des cas de dégénérescence de Q.

2. Lorsque C_{p_1} (ou C_{p_2}) est spécial, sans que C_{p_2} (ou C_{p_1}) le soit, les droites Δ_1 et Δ_2 sont confondues avec g_1 (ou g_2) et toutes les droites de B sont tangentes à S le long de g_1 (ou g_2).

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la mesure de la température des courants gazeux rapides.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Max Plan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. Pour caractériser l'état thermique d'un gaz en déplacement relatif rapide par rapport à un thermomètre, on mesure généralement la température d'arrêt, cette température ne variant pas lors de la traversée d'une onde de choc, pourvu qu'il n'y ait pas alors de changement d'état physique (condensation).

Si, pour effectuer cette mesure, on se borne à placer le thermomètre dans une cavité dont l'ouverture fait face au vent (prise dynamique), l'air n'étant pas renouvelé dans la cavité prendra rapidement une température voisine de celle des parois qui, dans le cas de l'air, est inférieure à la température d'arrêt. Il est donc indispensable d'assurer une circulation de l'air à l'intérieur de la cavité. La vitesse de circulation doit être telle que le refroidissement $\Delta\theta_1$ du thermomètre qu'entraîne le déplacement de l'air soit du même ordre de grandeur que le refroidissement $\Delta\theta_2$ que provoque le rayonnement réciproque du thermomètre et des parois de la cavité.

Il est possible de déterminer approximativement par le calcul la circulation optimum.

L'écart $\Delta\theta_1$ entre la température d'arrêt et la température du réservoir du thermomètre ventilé par un courant d'air de vitesse moyenne v est sensiblement donné par l'expression ([1])

$$\Delta\theta_1 = 0,8.10^{-8} v^2 \quad (v \text{ en cm/s}),$$

dans le cas où le thermomètre n'est le siège d'aucun échange thermique.

En fait, par suite de la chaleur que rayonne le thermomètre vers la paroi de la cavité, un autre écart $\Delta\theta_2$ entre la température d'arrêt et la température indiquée se superpose au précédent. D'après la loi générale des échanges thermiques en convection forcée, cet écart s'obtient sans tenir compte du premier ([2]). Il est donné par l'expression

$$\sigma(\Theta_t^4 - \Theta_p^4)\frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_t}+\frac{1}{\varepsilon_p}-1} = \alpha\,\Delta\theta_2,$$

où σ est la constante de Stefan;

α est le coefficient de convection à la vitesse v;

([1]) E. Brun, *Pub. Sc. et Techn. du Min. de l'Air*, 63, févr. 1935.

([2]) E. Brun, M. Jampy et R. Lecardonnel, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1266.

ε_p et ε_t sont les facteurs d'émission respectifs des parois de la cavité et du thermomètre;

Θ_p et Θ_t sont les températures absolues respectives des parois de la cavité et du thermomètre.

Θ_t est sensiblement égal à la température d'arrêt tandis que, si l'on désigne par V la vitesse relative de l'air et de l'appareil, ..., Θ_p est relié à Θ_t par la relation approchée

$$\Theta_t - \Theta_p = 0,8.10^{-8}\,V^2 \qquad (V \text{ en cm/s}).$$

Dans le cas particulier où $\Theta_t = 300°K$, $V = 480$ m/s, $\alpha = 2,5.10^{-4}\sqrt{v}$ cal/cm².s (soudure fine d'un thermocouple), $\varepsilon_t = \varepsilon_p = 0,5$, la vitesse moyenne de ventilation qui donne l'écart $\Delta\theta_1 + \Delta\theta_2$ minimum est voisine de 20 m/s. Cet écart minimum est de l'ordre du dixième de degré.

2. Expérimentalement, utilisant la soufflerie à air desséché de Bellevue, nous avons relevé les indications d'un thermomètre d'arrêt en fonction de la vitesse v de l'air qui le traversait. Dans le cas numérique précédent (nombre de Mach voisin de 2), nous avons vérifié l'existence d'un maximum très plat des indications thermométriques correspondant à une vitesse de 25 m : s environ. Ce maximum était pratiquement égal à la température du réservoir qui, à cause de la présence du desséchant à l'amont de la soufflerie, ne pouvait être précisé à mieux d'un dixième de degré près.

Quand la dessiccation de l'air de la soufflerie était arrêtée, le thermomètre ne donnait plus la température du réservoir, même si les conditions optima de ventilation étaient réalisées. Les écarts atteignaient quelques degrés quand le choc de condensation était important.

3. Dans la pratique, pour réaliser un thermomètre d'arrêt on peut donc calculer, d'une manière approximative, les conditions de ventilation correspondant aux conditions moyennes d'utilisation du thermomètre. Pour réaliser, sans difficultés, les conditions calculées, il suffit de constituer le thermomètre par un cylindre dont l'axe est parallèle au vent et qui se termine à l'aval par un convergent faisant col sonique. La vitesse de l'air dans le tube est fixée par le rapport du diamètre du col au diamètre du cylindre. Le réservoir du thermomètre (soudure d'un thermocouple par exemple est placé) sur l'axe du cylindre.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'universalité de la loi de Newton.* Note de M. **David Belorizky**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Les observations montrent que dans un couple stellaire, le satellite décrit apparemment, autour de l'étoile principale, une ellipse et que le rayon vecteur apparent balaye des aires proportionnelles aux temps. Quelle est la force qui produit ce mouvement ?

Darboux et Halphen ont résolu ce problème. Rappelons la solution de

Darboux ([1]), comme la plus simple. Soit

$$(1) \qquad \frac{1}{r} = a\cos\theta + b\sin\theta + (\alpha\cos 2\theta + \beta\sin 2\theta + h)^{\frac{1}{2}}$$

l'équation de l'orbite. Puisque la force est centrale, on peut appliquer la formule de Binet : $F = [-mC^2/r^2](d^2R/d\theta^2 + R)$ où $R = 1/r$, C étant la constante des aires. On trouve

$$(2) \qquad F = -\frac{D}{r^2(\alpha\cos 2\theta + \beta\sin 2\theta + h)^{\frac{3}{2}}} = F_1.$$

Telle est la première expression de la force F. Et en tenant compte de (1) on trouve la deuxième expression de la force F

$$(3) \qquad F = -\frac{D}{r^2\left(\frac{1}{r} - a\cos\theta - b\sin\theta\right)^3} = F_2,$$

D étant une constante. Ainsi on a deux expressions de la même force F qui produit le mouvement apparent d'une étoile E autour de l'étoile principale S.

2. Dans tous les traités de Mécanique ou d'Astronomie, on conclut de ces formules que la loi de Newton est applicable aux étoiles doubles. Mais pour cela on fait *l'hypothèse supplémentaire* que la force F ne doit pas dépendre des angles. Alors F_1 devient $F_1 = -D_1/r^2$ (D_1 — une nouvelle constante) et F_2 devient $F_2 = -Dr$. Pour des raisons évidentes on choisit F_1. Or, si la loi est newtonienne, l'étoile principale doit être au foyer de l'ellipse. Par conséquent, l'orbite apparente, où l'étoile principale se trouve n'importe où à l'intérieur, est la projection d'une autre orbite dont cette étoile occupe un foyer. On part de là pour tirer des observations l'orbite dans l'espace et des éphémérides. Mais ce raisonnement n'est pas correct. On veut déduire la loi de force en partant des observations. On obtient deux expressions, mais pour arriver à la loi de Newton, on fait une hypothèse supplémentaire sur la *nature de la force*. Ainsi on n'a pas démontré rigoureusement jusqu'à maintenant que le mouvement des étoiles doubles se fait d'après la loi de Newton.

3. Reprenons la loi de force de Darboux. Pour fixer les idées, prenons l'expression F_1 de F. Si l'on prend comme axe polaire le diamètre passant par l'étoile principale S, F_1 peut s'écrire

$$(4) \qquad F_1 = -\frac{L}{r^2[b^2\sin^2(\alpha - \theta) + (a^2 - d^2)\sin^2\theta]^{\frac{3}{2}}},$$

où L est une constante, α — l'angle formé par le diamètre conjugué de l'axe polaire avec celui-ci, a — le demi-diamètre pris pour axe polaire, b — le demi-diamètre conjugué et d — la distance de S au centre O de l'ellipse.

([1]) *Comptes rendus*, **84**, 1877, p. 760.

L'équation (4) peut s'écrire d'une seule façon :

$$F_1 = -\frac{L_1}{r^2[1-\cos^2(\theta-\Omega)\sin^2 i]^{\frac{3}{2}}},$$

où L_1, Ω et i sont des constantes.

Soit OM le diamètre formant l'angle Ω avec l'axe polaire et soit P_1 un plan passant par OM et incliné de l'angle $\pm i$ sur le plan P de l'orbite apparente. Considérons dans le plan P_1 le mouvement d'un mobile E_1 autour d'un centre de forces S_1, mouvement dont la projection sur le plan P soit précisément le mouvement apparent de E autour de S. Soit ρ le rayon vecteur du mobile E_1 dans le plan P_1. Dans ces conditions, on a

$$\frac{r}{\rho} = \cos(\rho, r) = \frac{\cos i}{[1-\cos^2(\theta-\Omega)\sin^2 i]^{\frac{1}{2}}}.$$

Donc,

$$F_1 = \frac{-L_2\cos^3(\rho, r)}{r^2} = \left(\frac{-L_2}{\rho^2}\right)\cos(\rho, r),$$

L_2 étant une constante.

Par suite, la force apparente F_1 est la projection *d'une force newtonienne*. Nous avons démontré ce théorème sans aucune hypothèse. Les observations d'étoiles doubles démontrent donc que la loi de Newton est universelle. On n'a pas compris jusqu'à maintenant l'origine des angles dans la formule de Darboux. Or, nous venons de le démontrer, cette formule représente simplement la projection sur un plan arbitraire de la force d'attraction newtonienne. De là, la présence des angles en question.

ASTROPHYSIQUE. — *Observation de perturbations remarquables du rayonnement solaire sur ondes décimétriques*. Note de MM. **Jakob Houtgast** et **Marius Laffineur**, présentée par M. André Danjon.

Le rayonnement était mesuré à l'aide du récepteur à grand miroir parabolique ($7^m,50$) de l'Institut d'Astrophysique, installé à l'Observatoire de Meudon. Ce récepteur était réglé sur l'onde de $54^{cm},5$ ($f = 550$ Mc/s).

Depuis le 9 septembre, début des observations continues, nous avons constaté que le rayonnement du Soleil était sensiblement constant et correspondait à un bruit de fond stable dans le récepteur. Les fluctuations de l'aiguille de l'appareil de sortie ne dépassaient pas $\pm 0,015$ de la valeur moyenne. Toutefois nous avons observé de brefs renforcements de ce bruit de fond. En particulier, le 17 septembre à 11^h24 T. U. l'intensité du rayonnement doubla en cinq secondes puis elle demeura constante pendant 10 secondes; après ce premier palier elle augmenta de nouveau, atteignant trois fois le rayonnement initial. Elle se maintint alors à cette valeur pendant une minute (± 10 sec), puis retomba en dix secondes au niveau primitif.

A 11^h29, trois minutes et demie après la fin de la première perturbation, une petite augmentation d'une durée de deux secondes a été observée, le maximum correspondant à 0,2 fois le niveau moyen.

Ce furent les seules perturbations observées ce jour-là entre 10^h33 et 15^h56 T. U.

Nous signalons ces perturbations car nous avons appris depuis que l'Observatoire de Greenwich a noté une éruption chromosphérique, d'intensité 2 à 3, observée au spectrohélioscope vers le bord Est du disque. Le début de cette éruption a eu lieu à 11^h22, le maximum à 11^h28, la fin à 11^h41 T. U. Il nous paraît vraisemblable que c'est cette éruption qui, à un certain stade de son évolution, a produit le renforcement du rayonnement électromagnétique sur 550 Mc/s.

Le décalage de deux minutes entre le début de l'éruption chromosphérique et l'émission d'ondes radioélectriques conduit à l'hypothèse d'un jet de corpuscules traversant les différentes couches de l'atmosphère solaire, leur passage à un certain niveau étant accompagné d'une émission d'ondes courtes, par un processus encore mal défini.

Dans ce cas, la deuxième caractéristique du renforcement, c'est-à-dire la forme en palier de la courbe d'évolution, correspondrait à la constance d'un des paramètres du jet corpusculaire, densité ou vitesse par exemple. Disons ici que cette forme en palier des courbes d'évolution a été remarquée par nous pour plusieurs autres renforcements.

L'éruption mentionnée plus haut paraît liée également à une perturbation ionosphérique à début brusque qui a causé l'interruption des communications radiotélégraphiques sur ondes courtes entre 11^h25 et 11^h35 T.U.

Mentionnons d'autre part une perturbation de l'émission solaire sur ondes décimétriques remarquable par son allure et que nous avons observée le 4 octobre 1948 dans les conditions suivantes :

Entre 14^h10 et 15^h40 T.U. nous avons noté ce jour-là dix-neuf renforcements dont les amplitudes atteignaient jusqu'à 3,5 fois le niveau moyen, tandis que les durées s'étageaient entre 0,3 et 25 secondes. Le plus remarquable d'entre eux débuta par de rapides fluctuations de faible amplitude; quand il fut discernable, l'aiguille de l'appareil indicateur était agitée d'un tremblement à 20 p/s, puis l'amplitude se mit à croître, tandis que la fréquence diminuait très régulièrement. Dans la dernière phase du phénomène, l'intensité resta constante pendant trois secondes, se fixant à 1,5 fois la moyenne.

Nous comptons publier le détail de ces observations dans les *Annales d'Astrophysique*.

CHALEUR. — *Sur la non-proportionnalité de la puissance de chauffage d'une enceinte à l'échauffement de l'air de celle-ci.* Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons déjà signalé que les essais effectués par nous sur des voitures de Chemin de Fer, avaient montré que les échauffements produits par des puissances $W = 60$, 120, 180, 240, 300 et 360 watts par mètre cube, n'étaient pas proportionnels à ces puissances comme l'admettent généralement les techniciens du chauffage : pour une puissance de 60 watts/mètre cube, l'échauffement (à l'arrêt) est, au bout de 20 heures, de l'ordre de 20° C. alors que pour une puissance 6 fois plus grande, 360 watts/mètre cube, l'échauffement n'est que 2 fois et demie plus grand et de l'ordre de 50° C.

L'examen des courbes d'échauffement relevées en grand nombre sur des voitures de types divers et présentant des isolements thermiques différents, nous a conduit à la relation empirique $W = K(\Delta\theta)^{\beta}$, l'exposant β ayant une valeur voisine de 2. Plus de 4000 voitures de chemin de fer ayant été équipées avec des radiateurs à 1500 volts, construits suivant nos indications, les résultats de nos essais ont été confirmés par une expérience prolongée s'étendant maintenant sur plus de vingt ans. La puissance de 180 watts par mètre cube a été adoptée comme étant celle qui permettait de réaliser non seulement un chauffage satisfaisant en marche, mais encore un préchauffage assez rapide pour ne pas exiger une formation anticipée des trains.

Après avoir étudié les valeurs des déperditions dans les voitures de chemin de fer, nous avons étendu nos investigations aux installations réalisées dans les immeubles munis de chauffage électrique. Nous avons alors constaté que les consommations d'énergie électrique relevées pendant une saison d'hiver étaient inférieures de 25 à 50 % aux consommations calculées par la méthode classique, dite des degré-jours, et correspondant à la relation $W = K\Delta\theta$, c'est-à-dire à $\beta = 1$.

Cette anomalie s'explique simplement si l'on admet que les pertes de chaleur suivent une loi de variation avec la température du type $W = K(\Delta\theta)^{\beta}$, l'exposant β ayant toujours une valeur supérieure à l'unité mais en général inférieure à 2.

C'est ainsi qu'en attribuant à β la valeur 2 et en tenant compte de la fréquence moyenne d'existence des échauffements $\Delta\theta$ à réaliser dans une saison, on trouve que la consommation de chaleur utile par saison est environ moitié de celle calculée par application de la méthode des degrés jours.

Le rapport entre les consommations correspondant à $\beta = 1$ et les consommations afférentes à β compris entre 2 et 1 varie entre 0,50 et 1, et il est clair que la valeur de l'exposant afférent à une construction déterminée doit être considéré comme une caractéristique thermique de cette construction.

Pour préciser définitivement ce point, il était nécessaire de procéder à des essais systématiques sur des bâtiments de constructions différentes. Le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme a bien voulu s'intéresser à cette question et sous l'impulsion de M. Marini et la direction effective de M. Fournol, des essais d'échauffement à puissance variable ont été effectués dans la cité expérimentale de Noisy-le-Sec, d'abord pendant l'hiver 1946-1947, puis au début de l'année 1948, suivant le programme que nous avions préparé.

M. Fournol a résumé, dans le fascicule 6 de juillet 1948 des cahiers du Centre scientifique et technique du bâtiment, les essais effectués sur une maison du chantier de Noisy-le-Sec.

Les résultats obtenus confirment nos prévisions et il est maintenant acquis que la règle des degrés jours ne peut donner qu'une approximation par *excès* de la valeur de la consommation d'énergie utile nécessaire pour assurer un programme de chauffage donné.

L'exposant β de la formule $W = K(\Delta\theta)^\beta$ varie avec le mode de construction du bâtiment et est bien une des caractéristiques thermiques de cette construction. Les valeurs du paramètre β sont restées comprises, dans l'ensemble des essais effectués, entre les limites de 1,25 et 2.

Dans la maison S. E. G. R. A. où les essais les plus complets ont été effectués, les puissances globales ont varié de 0 à 17 kW (soit 0 à 65 W par mètre cube) et la valeur de l'exposant a été trouvée sensiblement égale à 1,5.

Il n'y a rien de surprenant à ce que la loi de Newton ne s'applique pas au cas des immeubles de constructions diverses, malgré les faibles différences de températures utilisées, puisque les pertes par rayonnement sont définies par la loi de Stéfan et que les pertes par convection sont à peu près déterminées par la loi de Lorenz et qu'aucune de ces lois n'est linéaire.

Ces considérations nous ont conduit à établir des méthodes de calcul des installations de chauffage totalement différentes de celle actuellement utilisées; nous exposerons ces méthodes ultérieurement.

CHALEUR. — *Sur la théorie de la propagation des déflagrations.* Note de M. **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En collaboration avec H. Guénoche et G. Monnot, nous avons montré antérieurement (1) certains aspects du rôle joué par la perturbation initiale (*chasse préalable*) lors de la propagation des déflagrations dans des mélanges gazeux contenus dans des tubes cylindriques. L'objet de la présente Note est l'examen plus approfondi des phénomènes qui se produisent lorsqu'il y a rencontre de la déflagration et des perturbations (assimilées à des ébranlements de faible

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 69 et 163.

amplitude) issues, après réflexions sur les fonds du tube, de cette perturbation initiale.

I. Pour déterminer les facteurs de réflexion r et de transmission τ, des ébranlements sur le front de la déflagration, nous avons utilisé les trois équations fondamentales (conservation de la matière, de la quantité de mouvement, de l'énergie) de la théorie des ondes de choc et de combustion ([2]), ainsi que celle qui, d'après la théorie récemment développée par nous ([3]), fournit l'expression de la chute de pression Δp dans la déflagration. Il nous a été ainsi possible de relier entre elles les variations des célérités D_0, V_{01}, V_{02}, celles des caractéristiques des gaz (p_1, p_2, T_1, T_2, ...) et établir entre autres, qu'aux termes du second ordre près, lorsque $T \cong 288°K.$ et $p \cong 1$ atm., on a

(1) $$\frac{\delta p_1}{p_1} = \frac{\delta p_2}{p_2}$$

et

(2) $$\frac{\delta V_{01}}{V_{01}} = l\frac{\delta T_1}{T_1} - m\frac{\delta p_1}{p_1},$$

l et m ne dépendant que de la nature, de la composition du mélange et de son état défini par T_1 et p_1.

Si les variations de T_1 et de p_1 sont dues au passage à travers les gaz d'ébranlements déterminant une modification isentropique, l'expression (2) peut aussi s'écrire

(3) $$\frac{\delta V_{01}}{V_{01}} = \left(\frac{\gamma_1 - 1}{\gamma_1} l - m\right)\frac{\delta p_1}{p_1} \doteq \lambda\frac{\delta p_1}{p_1}$$

avec, pour $T_1 \cong 288°K$ et $p_1 \cong 1$ atm., $\lambda = 0,33$ pour le mélange A($C_2H_2 + O_2 + 4N_2$ et $\lambda = 0,19$ pour le mélange B($C_2H_2 + O_2$).

Lorsque l'ébranlement se propageant dans les gaz frais rencontre la déflagration, les modifications de l'état de ces gaz, immédiatement en avant du front de la déflagration, résultent de la superposition de l'ébranlement incident (indice i) et de l'ébranlement réfléchi (indice r); les modifications de l'état des gaz brûlés derrière la déflagration étant uniquement dues à l'ébranlement transmis (indice t). En posant

$$m = \frac{\rho_1 a_1}{\rho_2 a_2}, \quad \varpi = \frac{p_2}{p_1}, \quad \alpha = \frac{V_{01}}{a_1} \quad \text{et} \quad \chi = \frac{\alpha}{\mu}[1 + \lambda\gamma_1(1 - \mu)]$$

et en tenant compte des relations fournies par la théorie des ondes de choc et

---

([2]) Voir par exemple : N. MANSON, *La propagation des détonations et des déflagrations dans les mélanges gazeux*, Paris, 1947. Nous conservons ici les notations adoptées dans cette publication.

([3]) N. MANSON, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 230; communication au Colloque sur la cinétique et le mécanisme des réactions de combustion en phase gazeuse, Paris, 1948 (à paraître dans la *Revue de l'Inst. fr. du Pétrole*).

combustion et de (1) et (3), on obtient

$$(4)\qquad \begin{cases} r_1 = \dfrac{\delta p_r}{\delta p_i} = \dfrac{m(1+\alpha m)\varpi - (1+\chi)}{m(1+\alpha m)\varpi + (1-\chi)}, \\[2ex] \tau_1 = \dfrac{\delta p_t}{\delta p_i} = \dfrac{2\varpi}{m(1+\alpha m)\varpi + (1-\chi)}. \end{cases}$$

De même lorsque l'ébranlement se propageant à travers les gaz brûlés rattrape la déflagration, on trouve pour les deux facteurs de réflexion r_2 et de transmission τ_2, les expressions suivantes

$$(5)\qquad r_2 = \frac{m(1-\alpha m)\varpi - (1-\chi)}{m(1-\alpha m)\varpi + (1-\chi)} \quad \text{et} \quad \tau_2 = \frac{2m(1-\alpha m)}{m(1-\alpha m)\varpi + (1-\chi)}.$$

On notera qu'en faisant dans ces expressions (4) et (5) $p_1 = p_2$ et $\alpha = 0$ on retrouve les expressions classiques de l'acoustique.

II. L'application des résultats précédents à l'étude de la propagation des déflagrations dans des tubes permet de voir en particulier que : 1° la surpression propagée par la chasse préalable serait de même ordre de grandeur que la chute de pression Δp dans la déflagration [*voir* (3)]; 2° les variations δV_{01} de la célérité V_{01} sont notablement plus petites que celles de la vitesse V_1; les variations de la célérité absolue D_0 de la déflagration sont donc dues surtout aux variations de la vitesse V_1 consécutives au passage à travers les gaz des ébranlements issus de la chasse préalable; 3° le facteur de réflexion τ_2 étant supérieur à l'unité ($\tau_2 = 1,50$ pour le mélange A et $\tau_2 = 1,78$ pour le mélange B), il arrive toujours (à moins que le tube soit très court) un moment où la déflagration se trouve être précédée de deux ébranlements propageant des surpressions ($\delta p > 0$) dont la seconde est plus grande que la première. Si le tube est suffisamment long, le premier de ces ébranlements peut être rattrapé par le second, donnant lieu à la formation d'un ébranlement unique à front plus raide et bien plus puissant dans le mélange B que dans le mélange A. Dans un tube ouvert aux deux extrémités ce phénomène se produit à un instant plus proche de l'instant d'inflammation que dans un tube ouvert à l'extrémité d'inflammation et fermé à l'autre extrémité; le lieu de ce phénomène dépend de la nature, de la composition, de l'état initial du mélange et de la longueur du tube. L'ensemble de ces résultats justifie l'hypothèse souvent émise et selon laquelle la transformation des déflagrations en détonations a lieu à la suite de la formation d'une onde de choc en avant de la déflagration.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la notion de fréquence instantanée.* Note de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Différentes définitions de la *fréquence instantanée* d'un signal non sinusoïdal ont été proposées. Cette diversité s'explique par l'existence d'une infinité de couples de fonctions $A(t)$ et $\omega(t)$ permettant de représenter un signal $s(t)$

quelconque par une expression de la forme

$$s(t) \equiv \mathrm{A}(t)\cos\left(\int^{t} \omega\, dt\right),$$

et par suite l'existence d'une infinité de *fréquences instantanées* $\omega/2\pi$.

Lorsqu'on se propose d'appliquer cette notion à l'étude de la transmission des signaux modulés en fréquence, il convient de choisir parmi toutes les définitions possibles celle qui présente le moins d'arbitraire; en particulier, il est naturel d'exiger que les discriminateurs de fréquence classiques, attaqués par le signal $s(t)$, fournissent à la sortie un signal proportionnel à la fréquence instantanée telle qu'on l'aura définie, avec la meilleure approximation possible.

Il est évidemment nécessaire d'idéaliser quelque peu le fonctionnement de ces discriminateurs si l'on ambitionne d'adopter une définition valable pour tous les types de discriminateurs usuels.

Nous supposerons que la modulation en fréquence du signal $s(t)$ est lente; d'une manière plus précise, nous admettrons que $s(t) = 0$ à différents instants t_1, t_2, t_3, ..., t_n, ..., et que l'intervalle de temps $t_{n+1} - t_n$ qui sépare deux instants d'annulation consécutifs t_n et t_{n+1} varie lentement avec n.

Les discriminateurs classiques sont précédés d'un limiteur dont les seuils d'écrêtage, positif et négatif, sont aussi rapprochés que possible. On peut définir le limiteur idéal comme un écrêteur dont les seuils sont confondus. A la sortie d'un tel limiteur, on obtient un signal carré, d'amplitude constante, et *s'annulant aux mêmes époques que* $s(t)$. Le limiteur est suivi d'un filtre passe-bas qui ne laisse subsister que le *fondamental* de ce signal carré. En fait, le signal filtré n'est pas sinusoïdal et ne constitue pas une oscillation fondamentale au sens rigoureux du terme, mais l'hypothèse énoncée plus haut d'une modulation lente nous permet de considérer ce signal comme sinusoïdal pendant plusieurs alternances. Le discriminateur proprement dit comporte un ou plusieurs circuits dérivateurs fournissant une tension proportionnelle à la fréquence de ce fondamental.

Cette analyse succincte montre que, par un procédé plus ou moins détourné, les discriminateurs usuels mesurent les intervalles de temps qui s'écoulent entre deux annulations consécutives du signal appliqué à l'entrée. Il est à noter, d'ailleurs, que certains types de discriminateurs, de conception apparemment différente, effectuent directement la même opération. Il semble donc naturel de définir une *fréquence instantanée* du signal $s(t)$, valable entre les instants t_n et t_{n+1}, par la relation

$$(1) \qquad f_n = \frac{1}{2}\,\frac{1}{t_{n+1} - t_n},$$

le facteur $1/2$ provenant du fait que $t_{n+1} - t_n$ est une demi-période.

Le signal $s(t)$ se présente parfois sous la forme

$$s(t) = a_0 \cos\omega t + \sum_i a_i(t) \cos[(\omega + \Omega_i)t + \varphi_i],$$

avec la condition $\Omega_i \ll \omega$. Tel est le cas du brouillage d'un signal par des signaux parasites de fréquence légèrement différente, ou encore du régime transitoire dans un circuit à plusieurs degrés de liberté. On démontre facilement, toujours dans l'hypothèse d'une modulation lente, que la fréquence définie par (1) est sensiblement égale à $(1/2\pi)(d\theta/dt)$, où θ est l'argument du signal complexe

$$S(t) = a_0 e^{j\omega t} + \sum_i a_i(t) e^{j[(\omega+\Omega_i)t+\varphi_i]},$$

dont $s(t)$ constitue la partie réelle. Cette dernière définition a été proposée depuis longtemps, mais n'avait pas, à notre connaissance, reçu de justification basée sur le fonctionnement des discriminateurs usuels.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Les spectres d'absorption des dérivés phénoliques et leur interprétation théorique.* Note (*) de MM. **Árpád Kiss**, **Joseph Molnár** et **Camille Sandorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le spectre d'absorption du phénol est caractérisé par une bande dont le maximum se trouve à 2750 Å/s. Cette bande est l'analogue de la bande du benzène (2550 Å/s.). L'effet du substituant OH provoque un déplacement de la bande vers les ondes plus longues et une augmentation notable de l'extinction moléculaire.

Tous les dérivés phénoliques contiennent cette bande dans leurs spectres et ce sont les déplacements de cette bande conditionnés par des groupes OH, CH_3 et OCH_3 qui nous occuperont dans ce premier bref aperçu.

Voici les formules et les longueurs d'onde des maxima d'absorption observés chez les corps étudiés.

Benzène	CH_3 (toluène)	OH (phénol)	OH, CH_3 (méta)	OH, CH_3 (ortho)	OH, CH_3 (para)
2550 Å (1)	2650 Å (1)	2750 Å	2760 Å	2750 Å	2790 Å

(I)

(*) Séance du 13 septembre 1948.

(1) D'après Förster, *Z. Elektrochem.*, 45, 1939, p. 548.

OCH_3 — 2720 Å; OCH_3, OCH_3 (méta) — 2750 Å; OH, OCH_3 (ortho) — 2740 Å; OCH_3, OCH_3 (ortho) — 2740 Å; OCH_3, OCH_3 (para) — 2910 Å

(II)

OH, OH (méta) — 2770 Å; OH, OH (ortho) — 2780 Å; OH, OH (para) — 2990 Å

(III)

Ces résultats peuvent être interprétés par deux considérations générales. Il ressort de certains travaux de chimie théorique ([1]) que la conjugaison du groupe OH avec le noyau benzénique est plus grande que celle du OCH_3 et celle-ci plus grande que celle du CH_3.

$$\begin{array}{ccccc} CH_3 & < & OCH_3 & < & OH \\ 11\% & & 15\% & & 17\%, \end{array}$$

ce qui dit également que l'effet bathochrome de ces groupes augmente dans le même sens.

D'autre part, si l'on considère les corps de deux substituants, on voit que l'effet de résonance se trouve limité par le fait que les deux substituants ont la tendance d'envoyer des électrons dans certaines positions (ou directions) telles qu'ils s'en empêchent mutuellement.

On voit aisément que pour les composés méta et ortho, cet empêchement doit être du même ordre de grandeur, tandis que pour les para, il doit être beaucoup moins grand, d'autant plus que le poids des formules hyperconjuguées chez lesquelles le substituant envoie des électrons en position para est moins grand que celui des formules où il les envoie en ortho ([2]).

Alors, pour l'empêchement : méta $\leqq$ ortho $<$ para.

([1]) R. DAUDEL et M. MARTIN, *Bull.*, 15, 1948, p. 559; R. DAUDEL, BUU HOÏ, P. DAUDEL et M. MARTIN, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([2]) C. SANDORFY, *Bull. Soc. Chim. France* (sous presse).

Si nous appliquons ces deux principes, nos résultats deviennent très cohérents. Dans la ligne (I), on constate que les CH_3 affectent peu la position du maximum d'absorption. Le seul effet notable se produit pour le parachrésol, où l'empêchement joue le moins. La ligne (III) montre nettement l'influence des empêchements, qui est très manifeste pour l'hydroquinone.

De la ligne II on tire que l'éthérification des groupes méthyls ne cause qu'un petit recul des maxima vers les longueurs d'onde plus courtes. C'est ce qu'il faut attendre d'après la série bathochrome ci-dessus et l'on voit en outre que la conjugaison du groupe OH est due essentiellement aux électrons π de l'oxygène et non pas aux électrons σ entre O et H. Cette conception connue ([3]) reçoit ainsi une preuve spectroscopique.

La comparaison des lignes I et III montre qu'en accord avec ce qui vient d'être dit, les maxima des méta, ortho et para dioxybenzènes sont toujours plus poussés vers les longueurs d'onde plus longues que ceux des méta, ortho et parachrésols et la différence est légèrement plus grande pour les ortho que pour les méta et beaucoup plus grande pour les para que pour les ortho.

Nous réservons une étude plus complète de ces questions pour un article plus détaillé qui est en cours de publication.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des dimensions de la cristallisation sur la propagation des ultra-sons dans les métaux.* Note de MM. **Paul Bastien**, **Jacques Bleton** et **Emmanuel de Kerverseau**, présentée par M. Albert Portevin.

Les ultra-sons sont utilisés, soit par réflexion, soit par transmission pour la mise en évidence des défauts, et notamment des discontinuités physiques, dans les masses métalliques. Dans le premier cas, on utilise le phénomène de réflexion se produisant sur les défauts et conduisant à la production d'un écho distinct de l'écho de fond, qui résulte de l'arrivée des ultra-sons sur la face terminale de la pièce opposée à la source émettrice; dans le second cas, on étudie la plus ou moins grande absorption d'énergie du faisceau incident au cours de la traversée du volume de métal sondé.

Tous nos essais ont été exécutés avec un appareil à quartz piézoélectriques produisant des ondes ultra-sonores millimétriques dans les métaux; la plupart des expériences sont relatives à des fréquences de 2,5 Mc/sec (c'est-à-dire à des longueurs d'onde un peu supérieures à 2^{mm} dans le fer et l'acier).

Dans certains cas, lors du sondage par réflexion, des anomalies se manifestent par l'apparition d'un certain nombre d'échos parasites d'amplitudes diverses, très mobiles sur l'écran fluorescent de l'osciloscope lorsque les palpeurs sont déplacés, même faiblement, à la surface de la pièce; de plus, l'écho de fond ne

([3]) L. Pauling et G. W. Wheland, *J. Amer. Chem. Soc.* 1935, p. 2086.

peut être mis en évidence. Corrélativement, la perte d'énergie du faisceau de vibrations, au cours de la transmission directe, est anormalement forte. C'est ainsi que les anomalies apparaissent, à la fréquence de sondage de 2,5 Mc/sec, pour le fer et un acier austénitique 18/8 lorsque les dimensions moyennes des cristaux dépassent la valeur critique de 1^{mm} et pour le cuivre, dès que les dimensions excèdent $0^{mm},7$; il est à noter que le rapport 0,7/1 de ces valeurs critiques est égal au rapport $3710/5170 = 0,72$ des vitesses de propagation du son dans le cuivre et dans le fer. Pour les aciers au carbone ou au nickel-chrome-molybdène, les anomalies se manifestent dès que la dimension de l'édifice complexe, bordé par le liseré de ferrite proeutectoïde qui se sépare au cours d'un refroidissement lent aux joints des grains de la cristallisation gamma existant à chaud, dépasse 1^{mm} en moyenne. L'étude systématique du phénomène a conduit aux conclusions résumées suivantes :

Les anomalies de sondage apparaissent lorsque dans la constitution micrographique à froid du métal existe un élément de structure dont la dimension moyenne est égale à un multiple de la demi-longueur d'onde des ultra-sons dans le milieu considéré : cet élément de structure peut être soit le cristal du métal (cuivre et fer dans nos esssais), ou de la solution solide (austénite) dans les milieux à une seule phase, soit l'édifice complexe, délimité par l'enveloppe de ferrite proeutectoïde et vestige du grain gamma, dans les aciers ordinaires ou faiblement alliés refroidis lentement. Nous estimons que ces anomalies sont dues à des vibrations individuelles des édifices cristallins, simples ou complexes suivant le cas, qui, du fait de leurs dimensions, sont capables d'entrer en résonance au passage de la vibration incidente et de se comporter ensuite comme des sources élémentaires d'ultra-sons. En attribuant l'existence de ces anomalies à un phénomène vibratoire à l'échelle du grain ou d'un édifice plus complexe de la structure, il faut admettre en même temps l'influence de la capacité d'amortissement du métal qui peut modifier les phénomènes observés en atténuant les anomalies dans le cas d'un fort amortissement des vibrations des grains. Les ultra-sons, pensons-nous, peuvent constituer un moyen précieux d'étude de la capacité d'amortissement des substances et des phénomènes mécaniques ayant lieu, dans le domaine élastique, aux joints des cristaux.

Dans tous les cas où un affinage thermique de la structure est possible, notamment pour les aciers surchauffés ou refroidis très lentement, son application fait disparaître les singularités du type étudié ici, constatées au cours des sondages par les ondes ultra-sonores millimétriques.

L'existence de ces anomalies de transmission et de réflexion souligne la nécessité qu'il y a, avant de conclure à l'existence de discontinuités physiques (fissures, flocons, retassures, etc.) dans un métal, à multiplier les sondages en faisant varier les positions des palpeurs, émetteur et récepteur, ainsi que la

fréquence des ondes émises. A cet égard, les appareils permettant, à puissance d'émission constante, d'obtenir toute une gamme de longueurs d'onde sont particulièrement précieux.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure lacunaire des dinitrocelluloses.* Note de M[lle] **Thérèse Petitpas**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une dinitrocellulose dont le taux d'azote est compris entre 11,5 à 12,5 % contient 2,2 à 2,3 groupes nitrate par chaînon C_6; la maille orthogonale de dimensions

$$a = 14\,\text{Å},$$
$$b = 10{,}4\,\text{Å (axe de fibre)},$$
$$c = 8\,\text{Å}$$

contient 4 chaînons en C_6, 2 chaînons dans la direction b et 2 chaînons dans le plan ac. Le poids moléculaire d'un chaînon pour le taux d'azote moyen (11,5-12,5 %) est de 260.

On calcule à partir de ces données une densité 1,45 beaucoup plus faible que la densité mesurée dans l'eau, qui est égale à 1,66.

Sur la cellulose non nitrée on trouve au contraire un bon accord entre densité mesurée ($d = 1{,}59$-$1{,}60$) et densité calculée (1,58).

On peut s'expliquer l'écart trouvé dans le cas de la dinitrocellulose, si l'on tient compte de la structure fortement lacunaire de la molécule qui permet aux molécules d'eau de pénétrer à l'intérieur de la maille. Ces lacunes sont importantes puisque les chaînes de la cellulose ont dû au cours de la nitration s'écarter suffisamment pour que les atomes d'azote et surtout les deux atomes d'oxygène puissent se loger. Or, dans la dinitro tous les —OH ne sont pas nitrés, en sorte qu'une lacune existera dans la structure autour de chaque —OH libre. De la différence entre les deux densités on peut déduire la quantité d'eau qui a dû pénétrer dans la maille.

On trouve $1^{\text{mol}},5$ d'eau ou $1^{\text{at}},5$ d'oxygène par C_6. Or, il reste $3 - 2{,}2 = 0{,}8$ groupes OH libres. Chaque groupe nitrate est porteur de deux oxygènes; en gros on peut donc mettre à la place d'un groupe nitrate le double de molécules d'eau, soit $0{,}8 \times 2 = 1{,}6$, ce qui correspond au calcul.

Ainsi l'écart entre la densité calculée et la densité mesurée peut s'expliquer par la pénétration du liquide dans la structure lacunaire. Les chaînes s'écartent régulièrement en fonction du taux d'azote, mais tous les espaces ainsi créés ne sont pas remplis par les groupes nitrés tant qu'on n'a pas atteint la trinitrocellulose. A ce moment, non seulement tous les OH sont nitrés, mais il y a un réarrangement de la maille qui se trouve avoir le côté a un peu plus petit. Il n'y a plus du tout de lacunes et l'on trouve un assez bon accord entre la densité mesurée et la densité calculée, soit respectivement 1,67 et 1,71.

Ces observations montrent que dans le cas de structures lacunaires, la définition de la densité doit être bien précisée.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude des fractures du Massif Central [Dôme de Saint-Bonnet-de-Joux (Saône-et-Loire)]*. Note de M. **Philibert Russo**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les granites d'anatexie qui constituent le Dôme de Saint-Bonnet-de-Joux offrent une schistosité souvent assez marquée et passant parfois à une structure gneissique. Les accidents de la phase plastique s'y marquent par des alignements de nodules foncés noyés dans un fond clair, des alternances de lits porphyroïdes et de lits fins, des quartz et des feldspaths plus ou moins alignés (migmatites). Ceux de la phase rigide sont principalement des joints subverticaux et subhorizontaux.

J'ai examiné plus de 300 groupes de joints dans la région comprise entre La Guiche et Trambly du Nord au Sud, et entre Vendenesse et Pressy d'Ouest en Est. Leurs orientations marquent une dominante très nette Nord 280° à 300° Ouest (80 %), pour les subhorizontaux. Les subverticaux sont, pour la plupart, orthogonaux à cette direction et s'orientent à peu près Sud 220° Ouest (15 %). Les autres orientations, comprises entre 270° (E-W) et 360° (N-S), et intéressant presque exclusivement des subverticaux représentent les 5 % restants.

Les joints subhorizontaux offrent un pendage de 5° à 45°, vers le Nord-Est, dans le Nord du pays, et de valeurs voisines, vers le Sud-Ouest, dans le Sud. Aussi les bancs de granite s'affrontent-ils de part et d'autre du centre du dôme. Ils présentent, en de nombreux points, des surfaces listriques portant des cannelures de friction orientées Nord-Est-Sud-Ouest. Les plus beaux exemples s'en montrent à Vaux (commune de Sivignon). D'autres existent vers Suin, Sainte-Colombe, Dondin, Artus, Trambly, etc. Ces cannelures indiquent un glissement de blocs les uns sur les autres, avec chasse oblique vers le haut, ce qui accentue l'affrontement des regards des accidents qui se relèvent vers le Nord-Est dans le Sud et vers le Sud-Ouest dans le Nord.

Les joints subverticaux sont le plus souvent des failles normales NNE-SSW, avec rejet allant de quelques centimètres à plusieurs mètres. Souvent difficiles à observer dans les régions où les granites seuls affleurent, les rejets sont soulignés par les accidents de la couverture secondaire vers Mornay, Ballore, Viry, les vallées de l'Arconce et de la Bourbince dans l'Ouest, et vers Pressy, Saint-Martin, Salornay et les vallées de la Guye, de la Gresne et au delà, dans l'Est. On y voit que, comme les surfaces listriques, les failles normales s'affrontent de part et d'autre du centre du dôme, mais suivant des directions orthogonales. Elles répondent les unes et les autres à des dispositifs de fractures conjuguées d'étirement de Hans Cloos où les accidents se résolvant en failles normales correspondent à un stade de début et de surface, et ceux qui se résolvent en surfaces chevauchantes (qui sont de vraies failles inverses), à un stade plus avancé et plus profond. Les roches rigides

de surface ne permettent que la formation de failles, celles, plus plastiques du socle, permettent en outre le tassement horizontal et par suite les chevauchements.

Les accidents du Dôme de Saint-Bonnet appartiennent donc à deux systèmes successifs et orthogonaux de bombement du type décrit par Hans Cloos : 1° Bombement donnant les surfaces listriques, antérieur au Trias et par suite syntectonique ou immédiatement post-tectonique à l'orogénie hercynienne; 2° Bombement donnant les failles normales, postérieur aux termes les plus élevés du Jurassique et antérieur au Pliocène.

Les poussées de bombement sont du Nord-Est et du Sud-Ouest pour les premiers accidents, de l'Ouest-Nord-Ouest et de l'Est-Sud-Est pour les seconds. L'encadrement est donc dans l'ensemble Nord et Sud pour les premiers, Est et Ouest pour les seconds.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination de la graine de l'*Androcymbium gramineum *Macbride en présence de colchicine.* Note (*) de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. René Souèges.

En 1933, A. Chevalier (1) attire l'attention sur la toxicité de l'*Androcymbium gramineum* Macbride, Liliacée saharienne à fleurs mauves semblables à celles des *Crocus*. En 1936, E. Perrot (2) révèle la présence de colchicine dans le bulbe, les feuilles, les fleurs et les semences de cette espèce. Comme cette substance a pour effet de ralentir la croissance des plantules et d'induire chez celles-ci des tuméfactions localisées, au niveau des appareils souterrain et aérien, il nous a paru intéressant de savoir comment se comporterait, en présence de colchicine, une jeune plante issue d'une graine contenant ce même alcaloïde.

Disposées en boîte de Pétri sur papier filtre imprégné d'eau distillée, les graines (1) de l'*Androcymbium gramineum* germent en grand nombre (pratiquement 100 %) au laboratoire, à la température ordinaire (juin-août), à la lumière diffuse et après un laps de temps de 6 à 15 jours. Ce phénomène a pu être reproduit, avec le même lot de graines, pendant plusieurs années de suite (1946-1948).

La racine, organe blanchâtre, non ramifié (plantules âgées de quatre semaines), est dépourvue de poils absorbants typiques; mais, chez les jeunes sujets, toute la surface radiculaire, sauf l'extrémité terminale, est parsemée d'une infinité de pustules papilleuses. Quand la racine ne mesure encore que 3 à 4^{mm}, on voit apparaître l'ébauche du coléoptile. Cet organe, au moment où il est sur le point d'être forcé par la première feuille, se présente comme un étui translucide, long d'une dizaine de millimètres et légèrement aplati à sa base. Au 10e jour environ, ou plus tard, le coléoptile est percé par la première

(*) Séance du 27 septembre 1948.

(1) *Rev. Bot. appl.*, 1933, p. 351.

(2) *Bull. Sc. pharmacol.*, 43, 1936, p. 257.

feuille. (Au cours de nos expériences nous avons observé une graine donnant naissance à deux plantules.) Tels sont les divers stades que parcourt une jeune plante d'*Androcymbium gramineum* se développant en présence d'eau distillée.

Pour étudier l'action de la colchicine sur la germination des graines de cette espèce, nous avons fait appel à deux méthodes. Dans la première, les graines sont déposées dans des boîtes de Pétri sur papier filtre imprégné de 4^{cm^3} d'eau distillée. Quand la radicule commence à percer les téguments, l'eau est remplacée par 4^{cm^3} d'une solution aqueuse de colchicine ([3]) de titre connu. Nous avons employé, d'une part, des solutions faiblement concentrées : 0,05%, 0,1%, 0,5%, telles qu'elles sont habituellement utilisées par les auteurs et, d'autre part, des solutions à concentration forte : 1%, 2%, 3% et même 4%. La deuxième méthode consiste à laisser les graines s'imbiber au contact d'une solution aqueuse de colchicine à 0,5% pendant un temps variable : 12 heures, 24 heures et 44 heures. Après ce laps de temps, les graines sont lavées à grande eau et déposées sur papier filtre humide comme d'habitude. Dans les deux cas on opère en présence d'un témoin.

Quelle que soit la méthode employée et quelle que soit la concentration de la solution ou la durée de contact des graines avec les solutions colchicinées, en aucun cas nous n'avons vu les sujets traités se comporter autrement que les témoins. Les lots soumis à l'action de la colchicine ne se distinguent des autres ni par un ralentissement de la croissance, ni par l'apparition d'une tumeur radiculaire ou autre; morphologiquement, les sujets traités se comportent comme les témoins. Ce résultat concorde avec celui qu'a obtenu Blakeslee ([4]) qui, le premier, établit que la colchicine est incapable d'induire des tumeurs chez le Colchique, la plante étant immunisée vis-à-vis de l'alcaloïde « comme le serpent l'est vis-à-vis de son propre venin ».

BOTANIQUE — *Interprétation de l'écaille du cône chez les Conifères.* Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Raoul Combes.

On peut distinguer chez le Pin trois types de rameaux : les *auxiblastes*, à croissance indéfinie, les *mésoblastes*, dont la croissance est beaucoup moins active, et les *brachyblastes*. Ces derniers sont des rameaux nains qui, dans leur partie à anatomie normale de rameau, portent des feuilles réduites à l'état d'écailles : euphylles squamiformes. Ce rameau nain envoie tous ses faisceaux dans un nombre réduit d'aiguilles qui ont la structure d'un rameau coupé en long; elles ont été appelées pseudophylles.

En admettant cette terminologie, l'axe du cône est un mésoblaste et suivant

([3]) Avant l'emploi nous avons eu soin de vérifier l'alcaloïde quant à ses caractères chimiques (réactions colorées classiques) et biologiques : action vis-à-vis d'une espèce sensible à la colchicine telle que le *Pennisetum typhoideum* Rich.; à la concentration de 1/1000 le produit utilisé ralentit considérablement la croissance de la plantule et engendre des tumeurs au niveau de la racine et du coléoptile.

([4]) *Amer. Journ. of Bot.*, **26**, 1939, p. 163.

l'interprétation de Van Tieghem et Hagerup, la fleur femelle est portée par un brachyblaste à l'aisselle d'une bractée. Cette bractée est incontestablement une euphylle avec son faisceau haplo ou diplostélé. Le rameau nain floral porte, d'après Hagerup, qui a étudié le Pin et le Mélèze, deux premières feuilles α et β (euphylles) qui sont foliacées dans les cas de virescence mais sont normalement fertiles. Elles constituent, pour cet auteur, les mégasporophylles assimilées au tégument de l'ovule. Il estime que le brachyblaste porte une troisième feuille, origine de l'écaille, placée en arrière; elle se développe fortement et recouvre le sommet du brachyblaste arrêtant son développement. L'écaille serait donc une feuille.

Cette conception me paraît discutable. L'écaille de Sapin, par exemple, ne ressemble guère à une feuille, elle a l'allure d'un cladode. Il est rare de voir une feuille empêcher un rameau de se développer et, si l'on examine l'appareil vasculaire, on voit que tous les faisceaux passent dans l'écaille qui apparaît comme le brachyblaste lui-même aplati. L'écaille n'a pas un seul faisceau haplo ou diplostélé comme les euphylles mais a tous les caractères de pseudophylle emportant avec elle tout le cylindre central du brachyblaste. Cette forme de cladode est même, sans doute, le type primitif du brachyblaste. Supposons la déchirure du limbe entre toutes les nervures de l'écaille et nous obtiendrons un type comme le brachyblaste de *Czekanowskia setacea* Heer du Jurassique; si c'est entre des groupes de nervures, on obtient des brachyblastes avec pseudophylles d'*Arctobaiera Flettii* Florin ([1]). L'allure de cladode est aussi très nette chez *Pseudovoltzia Liebana*.

Dans l'écaille, il pourrait y avoir deux parties : la base, qui est vraiment le brachyblaste ramuliforme, et le limbe qui serait une série de pseudophylles non encore séparées et, chez le Pin, engainées à leur extrémité par l'écusson.

La présence de poils sur les écailles est un argument de plus pour admettre la nature de cladode. Les feuilles n'ont jamais de poils chez les Conifères. Les poils d'écaille et ceux de rameaux sont construits de la même façon chez *Pseudotsuga* et chez *Keteleeria* par exemple.

Chez *Cryptomeria*, étudié aussi par Hagerup, les quatre petites pointes sont interprétées par lui comme les feuilles stériles d'un rameau nain théorique. Il me semble préférable de les considérer comme les quatre lobes du brachyblaste-cladode, lobes qui paraissent très nettement sur l'écaille développée.

Chez *Cupressus*, on voit mal comment un rameau nain, cylindrique pour Hagerup, pourrait porter deux rangées d'ovules alignés, tandis qu'un cladode réduit à un long mamelon peut les porter très normalement.

([1]) Je suppose que le lecteur a les dessins de Hagerup sous les yeux.

On trouve des figures explicatives dans : EMBERGER, *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants* (figures 382 à 394, reproductions de Hagerup) et dans : GAUSSEN, *Les Gymnospermes actuelles et fossiles* (figures 15 et 166, reproductions de divers auteurs).

Quant à l'exemple des *Juniperus*, on peut proposer une autre explication que celle d'Hagerup qui accepte qu'une bractée porte un ovule à son aisselle, ce qui ne se voit pas ailleurs. Si l'on admet que le mésoblaste, axe du cône, cesse de croître, et se termine par un verticille de trois bractées sans bourgeon terminal apparent, on peut dire : chez *J. Sabina*, se forment trois brachyblastes ovulifères dont l'un est stérile et forme la columelle avec les deux préfeuilles α et β; chez *J. chinensis*, l'une des feuilles du brachyblaste-columelle est fertile, les deux autres brachyblastes supérieurs avortent; chez *J. communis* tout avorte sauf le brachyblaste-columelle qui a trois ovules; chez *J. virginiana* la columelle peut n'avoir qu'un ovule qui prend la place terminale.

Ainsi, en laissant à travers Abiétacées, Taxodiacées, Cupressacées, le même rôle à la bractée et à l'écaille ovulifère (brachyblaste-cladode), on explique tous les types, et tous les cônes apparaissent avec la valeur d'inflorescence. Araucariacées et Céphalotaxacées peuvent recevoir la même interprétation.

MYCOLOGIE. — *Structure microscopique de la membrane sporique des Agarics du genre* Rhodophyllus *Quél.* Note de M. **Robert Kühner**, présentée par M. Joseph Magrou.

On sait que la spore des *Rhodophyllus* est caractérisée par une membrane rosée, présentant des plis à arêtes externes, plus ou moins régulièrement anastomosés, qui la rendent polyédrique. Cette membrane ne constitue certainement que la couche externe, ou épispore, de la paroi sporique, car on peut, sans que la spore disparaisse complètement, l'éliminer en utilisant une lessive de potasse de 5 à 10 %, à l'autoclave à 120°. Toutefois, certaines espèces ont une épispore particulièrement résistante, et dans des préparations des *R. euchlorus, icterinus, mammosus, rhombisporus* et *sepium*, nous avons pu reconnaître l'épispore malgré le traitement violent auquel elle avait été soumise, traitement qui l'avait cependant décolorée et gonflée. L'épispore des chromosporés autres que les *Rhodophyllus* semble beaucoup plus résistante encore.

Après élimination de l'épispore, la plupart des spores de *Rhodophyllus* perdent l'aspect caractéristique de ce genre, pour en revêtir un qui fait penser aux Lactaires : très souvent en effet la spore perd son aspect polyédrique pour prendre une forme régulièrement arrondie, globuleuse, elliptique ou subfusiforme, si l'on excepte des crêtes anastomosées en réseau qui ornent sa surface, crêtes qui se colorent nettement dans la solution ammoniacale de bleu diamine portée à l'ébullition (sur le matériel traité au préalable par la potasse à l'autoclave), et qui correspondent par leur position aux arêtes épisporiques de la spore intacte. Les espèces dont la spore reste franchement polyédrique après ces opérations sont fort peu nombreuses : nous signalerons seulement *R. staurosporus*, dont la spore semble à première vue non modifiée; la forme caractéristique est conservée, la concavité plus ou moins accusée des arêtes longitudi-

nales subsistant même; cependant après teinture par le bleu diamine, on observe une bande d'un bleu violet sur chaque arête de prisme.

Les lignes qui constituent le réseau colorable au bleu diamine sont plus ou moins étroites ou larges suivant les espèces : elles sont fines, mais bien distinctes, chez *R. fumosellus*, *lividus*, *mammosus*, *papillatus*, *serrulatus*, particulièrement fines et même plus ou moins imparfaites chez *R. nitidus*, au contraire, larges et empâtées chez *R. amenides* et *icterinus* par exemple. Les lignes du réseau se colorent aussi par l'hématoxyline ferrique, et il nous est arrivé de les mettre en évidence à l'aide de cette teinture, sur des coupes au microtome de matériel fixé, sans aucun traitement par la potasse.

Chez *R. cetratus*, *euchrous*, *lividus*, *nitidus*, *rhodocylix*, la plupart des spores ne conservent plus, après traitement par la potasse à l'autoclave, qu'une paroi mince, non ou peu colorable par le bleu diamine, sauf au niveau du réseau en relief de sa surface. Par contre, dans d'autres espèces, comme *R. fumosellus*, *icterinus*, *papillatus*, *porphyrophæus*, *undatus* par exemple, de nombreuses spores décapées montrent une paroi sensiblement épaissie et colorable par le bleu diamine, de sorte que le réseau superficiel arrive à ne plus trancher par sa coloration sur la paroi qui le porte. Dans les préparations de feuillets de ces espèces, on peut cependant trouver au moins quelques spores à paroi mince, non sensiblement colorable, à l'exception du réseau; de toute évidence il s'agit de spores jeunes. C'est cette paroi interne qui correspond à la membrane de la baside, comme nous l'a montré de façon fort nette une préparation de *R. undatus*, où nous avons trouvé quelques basides à paroi aussi épaissie et aussi diaminophile que la paroi interne de la spore.

Dans certains cas, nous avons observé une stratification de la membrane subsistant après décapage à la potasse; nous l'avons notée pour quelques spores de *R. sericeus* et *undatus*, et pour la plupart des spores de *R. minutus*, et *porphyrophæus*; dans ces cas la couche interne de la paroi, d'épaisseur partout uniforme, se colore en un bleu plus intense et plus franc que la couche au réseau dont la teinte apparaît, par comparaison, plus claire et plus violacée.

Il est tentant de penser que c'est la formation des crêtes à la surface externe de l'endospore qui, soulevant l'épispore au-dessus d'elles, détermine l'apparition de ses plis caractéristiques. Il faut cependant remarquer que le traitement de fragments de feuillets par la potasse à l'autoclave semble abaisser notablement le nombre des spores présentes à leur surface, en éliminant les spores jeunes, du moins celles qui n'avaient pas encore atteint les dimensions finales. Les observations vitales montrant que le bossellement de la spore commence alors que la taille de celle-ci est encore bien au-dessous de ce qu'elle sera à maturité, on se trouve facilement conduit à l'hypothèse inverse, selon laquelle l'endospore et ses crêtes sont des formations d'apparition tardive qui, s'apposant à la face interne de l'épispore déjà anguleuse, tendraient à arrondir le volume qu'elle limite.

BIOLOGIE. — *La biologie et les constructions du Termite* Apicotermes arquieri, n. sp. Note (*) de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les *Apicotermes*, Termites exclusivement africains, sont connus comme étant les plus habiles des Insectes constructeurs. Toutefois, on ignore tout de leurs mœurs et leur *nid* n'a jamais été observé *in situ*, dans la nature.

Dans les savanes de Bossembélé (Oubangui-Chari), nous avons étudié, dans des conditions favorables, une nouvelle espèce d'*Apicotermes*, l'*A. arquieri*.

Les *Apicotermes* mènent une vie entièrement souterraine. Les ouvriers se gavent de terre riche en humus; ils nourrissent les soldats avec un aliment stomodéal, chargé de particules terreuses et humiques, et les larves ainsi que les reproducteurs fonctionnels d'un fluide hyalin (salive pure ?).

Leur nid (nous verrons que ce terme est impropre) est enfoui dans le sol à une profondeur variant entre 5 et 25^{cm}; rien au dehors ne décèle sa présence, circonstance qui rend sa trouvaille malaisée.

Les ouvriers le construisent avec du mortier stercoral; ils défèquent exactement au point voulu, un boudin vermiculé de mortier, puis font un demi-tour et triturent avec les appendices buccaux la masse pâteuse, l'étalent, la lissent, etc.

Voici, très simplifiée, la description du nid : c'est un ovoïde régulier, haut de 10 à 25^{cm}, large de 7 à 17^{cm}. Intérieurement, il est divisé en étages superposés par de minces cloisons horizontales, percées, en leur centre, d'un ombilic avec rampe qui assure la communication selon l'axe du nid.

La paroi, au niveau de chaque étage, est creusée d'un canal circulaire qui communique avec l'intérieur du nid par des ouvertures à la taille des habitants. Quelques orifices, trop petits pour livrer passage aux ouvriers, donnent sur l'extérieur.

En outre, des canaux méridiens, saillant à la surface de l'ovoïde, font communiquer directement tous les canaux circulaires pariétaux et permettent aux Termites d'aller d'un pôle à l'autre de l'ovoïde, sans avoir à passer par l'intérieur de l'édifice. De tels canaux ne paraissent pas exister dans les nids antérieurement décrits.

Les *Apicotermes*, dans l'exécution de différentes parties de l'édifice, font preuve d'une habileté technique raffinée et d'une maîtrise en matière de géométrie, auprès de laquelle l'architecture de la ruche semble rudimentaire.

Le nid *des Apicotermes n'est pas en contact immédiat avec la terre.* Autour de lui règne un espace libre dont l'épaisseur varie de 2 à 6^{cm}. A cet espace, qui épouse la forme du nid et dont la paroi est revêtue d'un enduit terreux homogène, nous donnons le nom de *parœcie*.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

Le *nid* est maintenu par de gros tubes en terre qui partent de sa propre paroi, traversent la parœcie et s'enfoncent dans la terre, selon un dispositif trop compliqué pour être décrit ici. Ces tubes assurent le passage de l'endœcie à la périœcie [1]. Ils sont continués, en dehors du nid, par un réseau de galeries souterraines, dont les parois ont un aspect chagriné très caractéristique.

Contrairement à ce que l'on a supposé jusqu'ici, une termitière d'*Apicotermes* ne se limite pas à un seul ovoïde, *elle en comprend plusieurs*, généralement de taille croissante. Ces ovoïdes communiquent entre eux par le système des galeries constituant la périœcie. Ils contiennent, les uns exclusivement des ouvriers, des soldats, des nymphes et des larves âgées, les autres, en plus de ces catégories, du couvain très jeune et des œufs; enfin l'un d'eux abrite, en outre, le couple royal.

Il nous a paru qu'une termitière âgée se compose d'au moins 4 à 5 ovoïdes, séparés par des distances variant de 1^m à une vingtaine de centimètres. Nous avons suivi les galeries à parois chagrinées qui les relient.

Enfin pour lever tous les doutes sur la multiplicité des ovoïdes dans une même termitière, il nous suffira de dire que nous avons trouvé des ovoïdes coalescents, parfaitement entretenus et normalement habités.

Contrairement à ce que l'on a pu supposer, l'existence, chez les Isoptères, de termitières faites de plusieurs constructions distinctes n'est point exceptionnelle; nous l'avons retrouvée chez des Termites champignonnistes (chez *Acanthotermes* et surtout chez l'extraordinaire *Sphærotermes*). Le fait a été pressenti, depuis de longues années par Silvestri [2] pour les constructions souterraines des *Cornitermes* qui habitent l'Amérique du Sud.

Les multiples problèmes posés par les constructions et le comportement des *Apicotermes* seront étudiés dans un Mémoire détaillé.

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux. IV. — Étude de la diméthyldithiohydantoïne et de ses sels.* Note (*) de MM. **René Hazard**, **Jean Cheymol** et Mlle **Klaudia Smarzewska** [1], transmise par M. Léon Binet.

Les remarquables propriétés protectrices de la diméthyldithiohydantoïne [2] vis-à-vis du choc cardiazolique nous ont engagés à étudier plus complètement ce composé tant du point de vue chimique que du point de vue pharmacologique.

I. *Préparation.* — En 1939, Dupont de Nemours [3] l'a obtenue en faisant

---

(1) Pour la définition des termes périœcie, endœcie, exœcie, *voir* P. Grassé, *Ann. des Sc. Natur.*, 11e série, 6, 1944-1945, p. 104.

(2) *Redia*, 1, 1903.

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) En collaboration avec P. Chabrier.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1850, 2018 et 227, 1948, p. 312.

(3) *A. P.*, 816, 1939, p. 2143.

réagir en milieu benzénique le sulfure de carbone sur l'isopropyl-α-aminonitrile. Récemment, Carrington ([4]) a indiqué une autre méthode de préparation générale des dithiohydantoïnes. Nous utilisons une troisième méthode consistant à mélanger en solution parties équimoléculaires de l'isopropyl-α-oxynitrile, d'ammoniaque et de sulfure de carbone.

Propriétés. — La diméthyldithiohydantoïne se présente sous forme de cristaux blancs, fondant à 142°, solubles dans l'eau bouillante, l'alcool, l'éther, le benzène à chaud et les alcalis. Elle donne des sels avec les métaux ou les bases organiques. Nous n'envisageons ici que l'emploi des sels alcalins et alcalino-terreux.

ÉTUDE PHARMACOLOGIQUE : *Toxicité.*

a. Souris. — La dose léthale 50 % (voie intraveineuse) est de 350^{mg} par kilogramme;

b. Lapin. — Des lapins ont reçu pendant 15 jours *per os* des doses quotidiennes allant de 10^{mg} à 50^{mg} par kilogramme : tous ont maintenu leur poids et leur bon état général. Ces doses représenteraient 3^{g} par jour pour un homme de 60^{kg}, soit plus de 10 fois la dose thérapeutique à utiliser.

Action anticonvulsivante. — Comme nous l'avons signalé ([1]), parmi un grand nombre de corps étudiés sur le choc cardiazolique chez le Lapin, la diméthyldithiohydantoïne s'est révélée avoir l'action sédative la meilleure aux plus faibles doses. Des doses de 15^{mg} par kilogramme (injection intraveineuse) produisent déjà un effet protecteur efficace. Celles de 50^{mg} par kilogramme sont les plus favorables. Sur la crise épileptiforme provoquée par l'électro-choc (passage transcérébral du courant alternatif de 50 volts pendant une demi-seconde), elle s'est révélée peu efficace. Comparée avec deux autres antiépileptiques majeurs (phénobarbital et diphénylhydantoïne) ainsi qu'avec la triméthyloxazolidine elle a donné schématiquement les résultats suivants :

Corps étudié.	Protection contre la crise cardiazolique.	Protection contre la crise électrique.
Phénobarbital (*gardénal*)............	+	+
Diphénylhydantoïne..................	tendance à l'exagérer	+
Triméthyloxazolidine (*tridione*).........	o	(?)
Diméthyldithiohydantoïne.............	+	o

L'action différente des trois antiépileptiques majeurs sur les crises cardiazolique et électrique peut conduire à un emploi clinique nuancé, étant donnée la localisation probable de ces médicaments sur des régions différentes du système nerveux central. Ces essais ont été réalisés avec la diméthyldithiohydantoïne en solution dans le propylène-glycol et aussi avec les sels de sodium, de calcium, de strontium, de magnésium et du sel de diéthylamine. Toutes ces formes ont donné des résultats sédatifs comparables.

Les effets protecteurs se maintiennent pendant plus de deux heures.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 681-683, 684-686.

Action hypnotique. — Chez la Souris blanche, la diméthyldithiohydantoïne n'est hypnotique qu'à dose subléthale.

Action cardiovasculaire. — Alors que la diphénylhydantoïne, injectée dans les veines du Chien, entraîne une hypotension et une dépression cardiaque très marquées pour 1^{cg} et mortelles pour 5^{cg} par kilogramme ([5]), la diméthyldithiohydantoïne ne donne pour les mêmes doses qu'une action insignifiante sur le cœur et la pression, effets changés même en une action renforçatrice cardiaque nette en utilisant son sel de calcium.

Action antithyroïdienne. — Le groupement actif $-N=C=S$ dans les substances organiques antibasedowiennes connues étant représenté deux fois dans la molécule de la diméthyldithiohydantoïne, nous avons recherché cette action. Des rats blancs recevant soit *per os*, soit sous la peau $0^{g},1$ par kilogramme quotidiennement pendant 25 jours n'ont pas varié de poids, mais leurs thyroïdes ont sensiblement triplé pondéralement par rapport à celles des animaux témoins.

Contrairement aux antibasedowiens connus, l'examen histologique a montré le maintien de l'aspect normal des cellules thyroïdiennes.

En résumé : la diméthyldithiohydantoïne se révèle un antiépileptique majeur de la classe du gardénal et de la diphénylhydantoïne. Sur le premier, elle présente l'avantage d'être dépourvue d'action hypnotique; sur la seconde, de montrer une action cardiovasculaire expérimentale non dangereuse. Sa très faible toxicité permet d'entrevoir une marge thérapeutique favorable. Les effets protecteurs de ces trois substances sur les tests convulsivants laissent espérer une action thérapeutique se localisant différemment sur les centres nerveux.

PHYTOPHARMACIE. — *L'action insecticide du* 1.1.1-*trichloro*-2.2 *bis* (*p-chlorophényl*)-*éthane* (*D.D.T.*) *se ramène-t-elle à un effet anticholinestérasique ?* Note (*) de MM. **René Truhaut** et **Daniel Vincent**, présentée par M. René Souèges.

On sait que le 1.1.1-trichloro-2.2 bis (*p*-chlorophényl)-éthane, universellement utilisé comme insecticide sous le nom de D. D. T., est un toxique *de contact* traversant la cuticule des Insectes, grâce à sa haute solubilité dans les lipides, et provoquant des symptômes d'intoxication nerveuse : excitation motrice sans coordination, suivie de paralysie et de mort.

C. W. Kearns et R. S. Metcalf ([1]), expérimentant sur la Blatte américaine (*Periplaneta americana*), ont montré que cette action toxique était potentialisée par injection d'acétylcholine ou d'ésérine. Étant donnée l'action inhibitrice bien connue de cette dernière sur la cholinestérase, diastase qui inactive l'acétylcholine en l'hydrolysant en choline, les auteurs ont émis l'hypothèse que le

([5]) A. Baudouin et R. Hazard, *Bull. Ac. Méd.*, 125, 1941, p. 39-40.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

([1]) *Communicat. Depart. of Entomol. Univ. of Urbuna* (*Illinois*), oct. 1944.

D. D. T. serait, comme l'ésérine, un inhibiteur de la cholinestérase, d'où une accumulation d'acétylcholine produisant les accidents nerveux. Le mécanisme d'action toxique du D. D. T. serait ainsi comparable à celui d'un toxique ayant fait l'objet de recherches toutes récentes : le diisopropylfluorophosphonate ou D. F. P.

Nous avons soumis cette hypothèse au contrôle expérimental. Après des essais préliminaires ([2]), dans lesquels nous avons montré que le D. D. T. était dépourvu d'action inhibitrice vis-à-vis de la cholinestérase (pseudo-cholinestérase) du sérum des animaux supérieurs, nous avons entrepris des recherches directement sur les Insectes. Nos expériences ont porté sur 2 espèces qu'il est facile de se procurer : la Mouche domestique (*Musca domestica*, Diptère) et le Doryphore de la Pomme de terre [*Leptinotarsa* (*Chrysomela*) *decemlineata*, Coléoptère]. Le D. D. T. utilisé était un produit soigneusement purifié par cristallisations successives dans l'alcool éthylique absolu et l'hexane; F 108°,5-109° (corr.) ([3]).

Dans le cas de la Mouche, deux séries d'essais ont été effectuées : l'une, dans laquelle les Insectes vivants ont été soumis à la nébulisation sous cloche d'une émulsion du toxique à 1 pour 1000 dans une solution aqueuse de gélatine à 5 pour 1000 ([3]); l'autre, dans laquelle le D. D. T. a été ajouté *in vitro*, soit en nature, soit en solution alcoolique à 1 pour 1000, à une suspension titrée de broyat d'Insectes dans du liquide de Ringer bicarbonaté. Les doses de D. D. T. utilisées ont varié de $0^{mg},1$ à 10^{mg} pour 2^{cm^3} de suspension à 1/20, correspondant à $0^{g},10$ d'Insecte.

Dans le cas du Doryphore, nous n'avons procédé qu'à des essais *in vitro* avec le D. D. T. ajouté en poudre, à des doses variant de 2 à 10^{mg} pour 2^{cm^3} de suspension à 1/10, correspondant à $0^{g},20$ de purée d'Insecte.

Dans tous les cas, l'activité cholinestérasique a été déterminée sur les suspensions de broyat d'Insecte après contact de deux heures avec le toxique, en utilisant la méthode manométrique de Warburg : après addition d'un volume déterminé de solution de chlorure d'acétylcholine à 4 pour 1000, on mesure l'acide acétique libéré par hydrolyse enzymatique de ce dernier, d'après le dégagement de gaz carbonique produit par action sur le liquide de Ringer bicarbonaté. L'activité cholinestérasique est exprimée par le volume de gaz carbonique dégagé en millimètres cubes au bout de vingt minutes, en opérant au thermostat à 38° avec agitation continue.

Dans le cas où le D. D. T. a été utilisé en solution alcoolique, il a été tenu compte de l'action inhibitrice due à la petite quantité d'alcool ajoutée.

([2]) R. Truhaut et D. Vincent, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 65 et *Ann. pharm. franç.*, 5, 1947, p. 159.

([3]) Cf. R. Truhaut, *Les dérivés organiques halogénés doués d'activité insecticide*, Paris, 1948.

Voici, condensés dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus :

Insectes.	Doses de D. D. T. (mg).	Activité cholinestérasique.
A. *Mouche domestique.*		
1. *Essais* in vivo	0 (témoin)	77
	émulsion à 1 ‰ nébulisée	79
	0 (témoin)	69
	émulsion à 1 ‰ nébulisée	74
2. *Essais* in vitro :		
1° D. D. T. utilisé en solution alcoolique à 1 ‰	0 (témoin)	98
	0,1	95
	0,2	94
	0,5	98
2° D. D. T. utilisé en poudre	0 (témoin)	190
	2	179
	10	176
B. *Doryphore.*		
D. D. T. utilisé en poudre	0 (témoin)	58
	2	63
	10	58

On voit que, aussi bien chez le Doryphore que chez la Mouche, il n'est pas possible de mettre en évidence une action inhibitrice notable du D. D. T. vis-à-vis de la cholinestérase. Contrairement à l'hypothèse de Kearns et Metcalf, ce n'est donc pas une telle action qui constitue le mécanisme de la toxicité de cet insecticide.

La séance est levée à 16h.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie qu'à l'occasion de la séance anniversaire de la fondation de l'Institut, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 27 octobre au lieu du lundi 25.

M. le **PRÉSIDENT** annonce le décès de M. **JOHAN HJORT**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, survenu à Oslo, le 7 octobre 1948.

Notice nécrologique sur JOHAN HJORT par M. **LOUIS FAGE**.

JOHAN HJORT, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section d'Anatomie et de Zoologie depuis 1946, est mort le 7 octobre, dans sa propriété de Hofstad Gaard, près d'Oslo. Avec lui disparaît un des savants qui ont le plus honoré l'Océanographie.

Johan Hjort est né le 18 février 1869 à Oslo. Sur les conseils de son père, professeur à la Faculté de Médecine, il commença ses études médicales. Mais bientôt, attiré par la biologie, il partit pour Munich où il entreprit, dans le laboratoire de Richard Hertwig, des recherches fort intéressantes, notamment sur l'embryologie des Salpes. Au bout de quelques années, de retour en Norvège, il se trouva aux prises avec des problèmes de biologie marine que posait l'exploitation des eaux norvégiennes. Il résolut d'étudier les relations existant entre les animaux marins et les conditions de milieu auxquelles ils sont assujettis, espérant ainsi substituer à l'empirisme qui présidait à cette exploitation des bases scientifiques.

Les recherches, les expériences entreprises d'abord sur la Morue et les autres Gades de l'Atlantique Nord montrèrent, en effet, que chaque espèce considérée obéissait à des conditions de milieu particulières et différentes pour une même espèce suivant l'âge, suivant chaque période de son cycle vital. Chaque espèce, notamment a ses exigences propres au moment de la reproduction, laquelle ne peut s'accomplir que dans la mesure où celles-ci sont satisfaites.

On en devait conclure que si après la ponte les reproducteurs ou les alevins issus de leurs œufs quittaient les frayères ainsi caractérisées, ils devaient fatalement y revenir à chaque maturité. Hjort le prouva en marquant des Morues, d'une part, au printemps sur les aires de pontes de Norvège et, d'autre part, en automne sur la côte du Finmark au moment de la pêche dans ces parages. Les reprises nombreuses établirent d'une façon décisive la réalité de ce retour périodique des reproducteurs sur les aires de ponte préalablement déterminées, après un voyage de plusieurs milliers de kilomètres.

Semblable démonstration fut faite par lui et ses élèves pour le Hareng de Norvège.

Ces migrations génétiques, ces migrations de dispersion qui alternent dans le cycle vital de nombreuses espèces sont aujourd'hui des notions familières; et leur banalité tend à faire oublier à qui nous en sommes redevables. Il faut donc rappeler que c'est à Johan Hjort, que nous devons ces notions classiques qui, appliquées à des espèces d'un haut intérêt économique, constituent le guide le plus précieux de l'Industrie des pêches.

Les espèces étudiées, Morue, Hareng, se présentent en bancs énormes, composés d'innombrables individus. Hjort fut ainsi conduit à analyser la constitution de ces bancs. Il en trouva le moyen par l'emploi d'une méthode qui permet de déterminer l'âge, la vitesse de croissance de chaque individu par l'examen des zones circulaires inscrites sur certaines pièces du squelette et sur les écailles. Des recherches poursuivies pendant de nombreuses années ont en effet établi que ces bancs sont constitués par des individus d'âge différent où les individus de même âge ou de même classe, comme disent les militaires, forment un effectif d'importance variable suivant les années. Or, les périodes de prospérité pour la pêche sont celles où une de ces classes a pris soudain une importance numérique marquée qu'elle conserve alors pendant plusieurs années. Lorsque cette classe dominante s'épuise, la pêche devient extrêmement pauvre jusqu'au moment où une nouvelle classe, favorisée, nombreuse en individus vient la remplacer. Les fluctuations des pêches, aux effets parfois si désastreux, sont donc déterminées par l'ensemble des facteurs du milieu qui influent sur le développement des œufs et la production annuelle des alevins. Hjort a eu ainsi le mérite de montrer que c'est à la période critique où l'alevin ayant épuisé ses réserves doit trouver lui-même sa nourriture que l'effectif de la classe à laquelle il appartient est fixé avec toutes ses conséquences.

L'étude de ces fluctuations amena Johan Hjort à constater que l'augmentation du nombre des individus, serait-elle de 1 à 30, comme cela s'est produit pour le Hareng dans quelques années particulièrement prospères, ne modifie nullement la croissance des individus. Ce qui veut dire que, dans le cas particulier, il existe une grande marge entre les moyens de subsistance et l'utilisation de ces moyens par les poissons. Ceci le conduit à confronter ses résultats avec ceux que fournit l'étude expérimentale des populations

dans d'autres domaines, notamment celui des Bactéries, pour en venir à l'étude des populations humaines. Il le fait en termes extrêmement élevés dans son mémoire *Essay on population* qui reproduit, au pluriel, le titre du célèbre ouvrage de Malthus.

Des problèmes analogues se sont posés à Hjort à propos des Cétacés quand, en présence de l'accroissement rapide des moyens de capture on a craint l'anéantissement prochain des troupeaux de Baleines. Il a poursuivi à cet effet une série d'études biologiques et statistiques afin de définir ce que l'on peut appeler l'optimum de capture, c'est-à-dire le maximum du nombre des prises compatible avec la permanence d'une industrie. L'évaluation du stock a pu être estimé et une entente internationale est intervenue qui fixe annuellement le nombre des captures.

A ces recherches brièvement résumées, il faudrait ajouter celles entreprises par Hjort sur la biologie d'une belle Crevette de profondeur, le *Pandalus borealis*, dont les rassemblements obéissant à des règles qu'il a parfaitement définies et qui lui ont permis, par la découverte de fonds de pêche jusque là ignorés, de doter la Norvège d'une industrie nouvelle.

Ces recherches qui, pour la plupart, ont été suivies d'applications pratiques du plus haut intérêt, sont l'œuvre d'un biologiste remarquable qui connaissait admirablement les choses de la mer. Il avait été d'ailleurs à bonne école, quand, en 1910, sous l'égide de Sir John Murray, leader de la mémorable expédition du *Challenger*, il organisa l'Expédition du *Micheal Sars*, dans l'Atlantique Nord. Expédition dont les résultats, consignés dans une série de Mémoires, sont mis en lumière et résumés dans son ouvrage *The Depths of the Ocean*, qui est resté longtemps le *vade mecum* de tous les océanographes.

Au mois d'août dernier, tandis que je naviguais en sa compagnie sur le fjord d'Oslo, il me confiait : « Ce n'est pas seulement le poisson qu'il faut étudier, mais aussi le pêcheur ». Pour Johan Hjort, en effet, l'expérience biologique était souvent doublée d'une expérience sociale. Ces préoccupations humaines, qui se font jour çà et là tout au long de son œuvre, sont explicitement exprimées dans un livre paru sous sa signature dans la Bibliothèque de philosophie scientifique et ayant pour titre : *La crise de la Vérité*.

Depuis longtemps professeur à la Faculté des Sciences d'Oslo, sa notoriété mondiale lui avait valu la présidence du Conseil international pour l'Exploration de la Mer qu'il conserva jusqu'à sa mort.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau le volume III, deuxième série, des *Œuvres d'Euler*, publiées par la Société Helvétique des Sciences naturelles.

M. **Pierre Chevenard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Louis Colombier, intitulé *Métallurgie du fer*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. PIERRE-P. GRASSÉ prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par l'élection de M. *Robert Courrier* aux fonctions de Secrétaire perpétuel pour les Sciences Physiques.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Collection des travaux de l'Académie Internationale d'Histoire des Sciences, n° 2. *Actes du Ve Congrès International d'Histoire des Sciences* (Lausanne 30 septembre-6 octobre 1947).

2° RENÉ BOURRET. *Comment déterminer une Tortue d'Indochine. — Comment déterminer un Batracien d'Indochine. — Comment déterminer un Lézard d'Indochine.*

3° Gouvernement général de l'Indochine. Conseil des recherches scientifiques de l'Indochine. *Bibliographie analytique des travaux scientifiques en Indochine*, 1939, 1940, 1941 (*Sciences médicales et vétérinaires*), par B. NOYER.

4° Université indochinoise. Publications de l'École supérieure des Sciences. *Les Oiseaux du Tranninh*, par A. DAVID-BEAULIEU.

5° Id. *Notes et travaux de l'École supérieure des Sciences*, nos 1, 2, 3.

6° Comision Nacional de cooperacion intelectual. *Argentina en marcha.* Tomo I.

7° *Las Malvinas son Argentinas* (*Recopilacion de antecedentes*). Publicacion n° 1 de la Subsecretaria de Cultura.

8° MAX PLANCK. *Wissenschaftliche Selbstbiographie mit einem Bildnis und der von Max von Laue gehaltenen Traueransprache.*

9° Protectorat de la République française au Maroc. Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts. Production agricole. *Les Cahiers de la Recherche agronomique.* I.

10° Archives de l'Institut international des Sciences théoriques. Série A. Bulletin de l'Académie internationale de philosophie des Sciences. 1. *Problèmes de philosophie des Sciences* (*premier Symposium.* Bruxelles 1947). I. *Les méthodes de la connaissance.*

11° Premier Congrès international de Physio-Pathologie de la reproduction animale et d'insémination artificielle. Milan, 23-30 juin 1948. *Résolutions.*

Il signale également une Note polycopiée :

Institut international des Sciences théoriques. Palais des Académies. Bruxelles. *Prix Eddington de* 50.000 *francs belges.* Sujet : *Exposé et Critique des conceptions d'Eddington concernant la philosophie de la Science Physique.*

THÉORIE DES GROUPES. — *Un théorème concernant le nombre des bases d'un sous-groupe transitif et primitif, à base du second ordre, du groupe symétrique.* Note (*) de M[lle] **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit n un entier ≥ 4, soit $\mathfrak{S}_n$ le groupe symétrique d'ordre n et soit $\mathfrak{A}_n$ le sous-groupe alterné de $\mathfrak{S}_n$.

S'il existe une substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ permutable avec toutes les substitutions d'un sous-groupe transitif G de $\mathfrak{S}_n$, alors la substitution R est *régulière* et G est le groupe cyclique engendré par R, si R est circulaire, ou bien, si R se compose d'un nombre $r \geq 2$ de cycles, G est un groupe *imprimitif*, qui a pour systèmes d'imprimitivité les r ensembles formés des éléments des différents cycles de R.

Il s'ensuit que, quel que soit le sous-groupe *transitif* et *primitif* G du groupe $\mathfrak{S}_n$, il n'existe aucune substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui soit permutable avec toutes les substitutions de G.

Soit, à présent, G un sous-groupe transitif et primitif de $\mathfrak{S}_n$ *à base du second ordre*(1). Alors, quelle que soit la base S, T de G, il n'existe aucune substitution non identique R du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui soit permutable aussi bien avec S qu'avec T. En effet, si une telle substitution existait, elle serait permutable avec toutes les substitutions de G, ce qui est impossible. Et, s'il existe une substitution R de $\mathfrak{S}_n$ qui transforme S en T et T en S, cette substitution R est du second ordre et elle est unique. En effet, si R est une substitution de $\mathfrak{S}_n$, telle que $RSR^{-1} = T$ et que $RTR^{-1} = S$, la substitution R^2 est alors permutable aussi bien avec S qu'avec T, donc $R^2 = 1$, et, si R' est une seconde substitution du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui transforme S en T et T en S, alors $R'^{-1}R$ est permutable aussi bien avec S qu'avec T, donc $R'^{-1}R = 1$ et $R' = R$. Soit encore S, T une base quelconque de G, et soit U une substitution quelconque du groupe $\mathfrak{S}_n$. Posons $USU^{-1} = S'$, $UTU^{-1} = T'$. Si $S' \in G$ et si $T' \in G$, alors S', T' est aussi une base de G, nous l'appellerons la *transformée* de la base S, T par la substitution U. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une substitution U de $\mathfrak{S}_n$ transforme une base S, T de G en une base de G, c'est que $UGU^{-1} = G$. Donc l'ensemble des substitutions de $\mathfrak{S}_n$ qui transforment une base de G en une base de G se confond avec le sous-groupe Γ de $\mathfrak{S}_n$ formé de toutes les substitutions de $\mathfrak{S}_n$ permutables avec le groupe G, groupe dont G est un sous-groupe distingué. Soit m l'ordre de Γ. C'est un multiple de l'ordre de G_Γ. Quelle que soit la base S, T de G, s'il existe une substitution R de Γ qui transforme la base S, T en elle-même, d'après

(*) Séance du 4 octobre 1948.

(1) Un tel groupe n'est pas cyclique, mais possède des couples d'éléments générateur appelés bases de ce groupe.

ce qui précède, cette substitution R est du second ordre, elle est unique et transforme S en T et T en S. Si une telle substitution R n'existe pas, nous dirons que la base S, T est du type 1 et nous dirons qu'elle est du type 2 dans le cas contraire.

Soient 1° $S_1, T_1; S_2, T_2, \ldots, S_N, T_N$ une suite formée de bases de G, telle que, quels que soient les indices i et $j(1 \neq i \neq N, 1 \neq j \neq N, i \neq j)$, il n'existe aucune substitution U du groupe Γ qui transforme la base S_i, T_i en la base S_j, T_j, et que, quelle que soit la base S, T de G, il existe un indice $i(1 \neq i \neq N)$ et une substitution U de Γ, telle que la base S, T est la transformée de la base S_i, T_i par la substitution U. On détermine aisément une telle suite (1°) par induction. Chacune des bases S_i, $T_i(1 \neq i \neq N)$ possède soit m, soit $m/2$ transformées distinctes au moyen des subtitutions de Γ. En effet, soit i un indice quelconque, tel que $1 \neq i \neq N$. Supposons d'abord que la base S_i, T_i est du type 1 et soient U et V deux substitutions distinctes quelconques de Γ. Posons $US_iU^{-1} = S'$, $UT_iU^{-1} = T'$, $VS_iV^{-1} = S''$, $VT_iV^{-1} = T''$. S', T' et S'', T'' sont deux bases de G. Montrons que ces bases sont distinctes. En effet, supposons le contraire. Deux cas sont alors possibles : *a*. $S' = S''$, $T' = T''$. Mais alors la substitution $V^{-1}U$ du groupe Γ est permutable aussi bien avec S_i qu'avec T_i, ce qui implique que $V^{-1}U = 1$, donc $V = U$, ce qui est contradictoire. Le cas (*a*) ne saurait donc se présenter. Ou bien *b*. $S' = T''$, $T' = S''$. Mais alors la substitution non identique $V^{-1}U$ du groupe Γ transforme la base S_i, T_i de G en elle-même, ce qui est contraire à notre hypothèse que cette base est du type 1. Le cas (*b*) ne saurait également pas se présenter. Il s'ensuit que la base S_i, T_i possède bien m transformées distinctes au moyen des substitutions de Γ. Supposons maintenant que la base S_i, T_i est du type 2. Il existe donc une substitution non identique R et une seule de Γ, telle que $R^2 = 1$, $RS_iR^{-1} = T_i$. Soit U une substitution quelconque de Γ et soit $US_iU^{-1} = S$, $UT_iU^{-1} = T$. On voit alors aisément qu'il existe une seconde substitution $V \neq U$ de Γ et une seule, notamment $V = UR$, qui transforme, elle aussi, la base S_i, T_i de G en S, T (elle transforme S_i en T et T_i en S). Donc le nombre total de transformées distinctes de la base S_i, T_i par les substitutions de Γ est $m/2$.

Soit E_i l'ensemble des bases distinctes de G, transformées de la base S_i, T_i par les substitutions de Γ, $i = 1, 2, \ldots, N$. On voit sans peine que, si i et j sont deux nombres distincts de la suite $1, 2, \ldots, N$, les ensembles E_i et E_j sont disjoints. L'ensemble E_i est de puissance m ou $m/2$, quel que soit $i = 1, 2, \ldots, N$, et l'ensemble $E_1 + \ldots + E_N$ comprend toutes les bases de G. Soit N_1 le nombre des bases de la suite (1°) qui possèdent m transformées distinctes au moyen des substitutions de G, soit $N_2 = N - N_1$ et soit $\mathfrak{M}$ le nombre total de bases de G. Si $N_2 = 0$, $\mathfrak{M} = mN$ et, si $N_2 > 0$, $\mathfrak{M} = (2N_1 + N_2)m/2$. On a donc la

PROPOSITION. — *Quel que soit le sous-groupe transitif et primitif* G *du groupe* $\mathfrak{S}_n$, *à base du second ordre, le nombre total de bases de* G *est un multiple de m ou*

de $m/2$, m désignant le nombre des substitutions du groupe $\mathfrak{S}_n$ qui transforment le groupe G en lui-même.

Exemple. — Soit $G = \mathfrak{A}_n$. Alors $\Gamma = \mathfrak{S}_n$, $m = n!$, $N_1 > 0$, $N_2 > 0$ et le nombre total de bases de $\mathfrak{A}_n$ est toujours un multiple de $n!/2$.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Géométrie des nombres d'ensembles non convexes.* Note (*) de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit

$$\psi(n) = \operatorname*{Sup}_{(x_h)} \operatorname*{Inf}_{(y_h)} \prod_{h=1}^{n} \left(\frac{x_h}{y_h}\right)$$

pour tous les systèmes de n nombres réels x_h avec $0 < x_h < +\infty$, $x_{h+1} \geqq x_h$ et pour tous les systèmes de n nombres réels y_h avec $0 < y_h < x_h$ et les rapports y_{h+1}/y_h entiers. Nous avons établi que $\psi(2) = \sqrt{2}$ et que $\psi(n)$ est majoré par $2^n/2^{1+1/2+\ldots+1/n} < 2^{n-C}/n^{\log 2}$, C étant la constante d'Euler.

Dans l'espace numérique à n dimensions R^n, notons $m(G)$ le *déterminant* d'un *réseau* G (sous-groupe discret et de dimension linéaire n du groupe additif de R^n) et Γ l'ensemble des réseaux. Soit S un ensemble $\subset R^n$, étoilé par rapport à l'origine notons $\mu_h(S, G)(h = 1, 2, \ldots, n)$ la borne supérieure des nombres $\mu \geqq 0$ tels que la dimension linéaire de $(\mu S) \cap G$, soit $< h$. Posons

$$\gamma(S) = (m(G))^{-\frac{1}{n}} \operatorname*{Sup}_{G \in \Gamma} \mu_1(S, G),$$

$$\rho(S) = (m(G))^{-1} \prod_{h=1}^{n} \mu_h(S, G),$$

$$\alpha(S) = \rho(A)(\gamma(A))^{-n},$$

en utilisant les conventions $0 \times \infty = 0$, $0/0 = 1$, $\infty/\infty = 1$). $\alpha(S)$ est un nombre toujours $\geqq 1$ que nous appellerons l'*anomalie* de S.

Théorème 1. — *L'anomalie d'un ensemble de R^n, étoilé par rapport à l'origine, est toujours $\leqq \psi(n)$.*

Soit S un tel ensemble (i. e. $P \in S$ entraîne que le segment OP est dans S), G un réseau, écrivons μ_h pour $\mu_h(S, G)$ et supposons $\mu_1 > 0$, $\mu_n < +\infty$. On peut choisir des variétés linéaires homogènes $L_h (h = 0, 1, 2, \ldots, n)$ de dimension h telles que $L_h \subset L_{h+1}$ et que $(\mu S) \cap G \subset L_{h-1}$ pour tout $\mu < \mu_h$. Prenons les nombres μ'_h, $(h = 1, 2, \ldots, n)$ tels que (a) $0 < \mu'_h < \mu_h$, et que (b) les $n-1$ quotients $\tau_{h+1} = (\mu'_{h+1}/\mu'_h)$ soient entiers. Définissons n réseaux G_h en

(*) Séance du 4 octobre 1948.

leur construisant par récurrence des bases $\Lambda_h = (l_1^{(h)}, \ldots, l_n^{(h)})$ par les conditions $l_r^{(h)} = \tau_h l_r^{(h-1)}$ pour $r < h$ et $l_r^{(h)} = l_r^{(h-1)}$ pour $r \geqq h$, en partant de $G_1 = G$ et Λ_1 telle que $l_1^{(1)}, \ldots, l_r^{(1)}$ engendrent L_r pour tout $r = 1, \ldots, n$. On a donc

$$m(G_n) = m(G)\,\mu_n'^n \prod_{a=1}^{n} (\mu_h'^{-1}).$$

Par construction $G_h \subset G_{h-1} \subset G$ et $G_h \cap L_{h-1} = \tau_h(G_{h-1} \cap L_{h-1})$. Posons $S_h = \mu_h' S$. De la condition $\mu_h' < \mu_h$ résulte que $S_h \cap G \subset L_{h-1}$. Par conséquent $G_h \cap S_h = \tau_h(G_{h-1} \cap S_{h-1})$ et finalement $G \cap S_1 = \{o\}$ entraîne $G_n \cap S_n = \{o\}$. De la définition de γ résulte alors que $[\gamma(S_n)]^n m(G_n) \geqq 1$, donc

$$\prod_{h=1}^{n} \mu_h' \leqq [\gamma(S)]^n m(G).$$

Mais d'après la définition de $\psi(n)$ on peut toujours trouver des nombres μ_h' satisfaisant aux conditions (a) et (b), tels que

$$\prod_{h=1}^{n} \left(\frac{\mu_h'}{\mu_h}\right) \leqq \psi(n)(1+c)$$

quel que soit $c > 0$. On a donc

$$\prod_{a=1}^{n} \mu_h(S, G) \leqq \psi(n)[\gamma(S)]^n m(G). \tag{1}$$

On démontre aisément que la condition $\mu_1 > 0$ entraîne $\mu_n < +\infty$ si $\gamma < +\infty$. Dans les autres cas l'inégalité (1) est triviale avec les conventions adoptées. Sa validité dans tous les cas démontre le théorème.

Désignons maintenant par $V(A)$ le *domaine vectoriel* d'un ensemble A $[V(A) = \mathcal{E}_x(x = u - v,\ u \in A,\ v \in A)]$ et posons $\nu_h(A, G) = \mu_h[V(A), G]$, $\xi(A) = \gamma[V(A)]$, $\Delta(A) = 1/[\xi(A)]^n$, $\eta(A) = \text{mes. int}(A)/\Delta(A)$. Le théorème 1 a pour corollaire immédiat :

Théorème 2. — *Si le domaine vectoriel d'un ensemble* $A \subset R^n$ *est étudié par rapport à l'origine (en particulier si* A *est étoilé par rapport à l'origine) on a pour tout réseau* G

$$\prod_{h=1}^{n} \nu_h(A, G)\ \text{mes. int}(A) \leqq \psi(n)\,\eta(A)\,m(G). \tag{2}$$

Si dans l'inégalité (2) on remplace $\eta(A)$ par la constante 1 (à laquelle elle est toujours inférieure ou égale d'après le *lemme de Blichfeld*), on obtient une

inégalité plus faible, due à Jarnik et Knichal [1] [dans laquelle en outre ils donnent seulement pour $\psi(n)$ la majoration 2^{n-1}].

Dans le cas d'une *jauge* K (convexe Körper de Minkowski), on a $\mu_h = 2\nu_h$. Comparons nos résultats à l'inégalité classique de Minkowski :

$$\prod_{h=1}^{n} \mu_h(\mathrm{K},\,\mathrm{G})\,\mathrm{mes}(\mathrm{K}) \leqq 2^n m(\mathrm{G})$$

qui donne $\alpha(\mathrm{K}) \leqq 1/\eta(\mathrm{K})$. Or pour une jauge arbitraire on a démontré $\eta(\mathrm{K}) \leqq 2^{-n}(\mathrm{C} + \mathrm{O}(n))$, où $\mathrm{C} \# 4,9$ (*Davenport*). D'où une majoration de l'*anomalie d'une jauge arbitraire* plus faible que la nôtre (au moins pour n assez grand), puisque nous savons que $\psi(n)/2^n = 0,1$, et il n'est pas exclu que, pour une jauge convenable, l'inégalité (2) soit plus forte que l'inégalité de *Minkowski*. (Rappelons que pour les jauges ellipsoïdales et pour les jauges planes *Minkowski* a démontré $\alpha(\mathrm{K}) = 1$, et qu'on ne connaît pas d'exemple de jauge d'anomalie > 1.)

D'autre part nous avons pu donner des exemples d'ensembles étoilés (non convexes) d'anomalie > 1, en particulier un ensemble plan d'anomalie $\geqq 4/3$ (valeur voisine de $\psi(2) = \sqrt{2}$).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Inégalités relatives à la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans le plan fini.* Note (*) de M. **E. F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous allons appliquer au cas d'une fonction $f(z)$ méromorphe dans le plan fini, certains résultats obtenus antérieurement [1]. Nous conserverons les mêmes définitions et notations, mais nous aurons besoin de ces définitions :

$$\bar{\mathrm{I}}[\sigma(r), f] = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\overset{+}{\log} \dfrac{1}{\sigma(r)}}{\mathrm{T}(r, f)}$$

sera l'*indice supérieur*,

$$\underline{\mathrm{I}}[\sigma(r), f] = \underline{\lim_{r=\infty}} \frac{\overset{+}{\log} \dfrac{1}{\sigma(r)}}{\mathrm{T}(r, f)}$$

sera l'*indice inférieur;* et, là où la limite existe

$$\mathrm{I}[\sigma(r), f] = \lim_{r=\infty} \frac{\overset{+}{\log} \dfrac{1}{\sigma(r)}}{\mathrm{T}(r, f)}$$

sera l'*indice*, relativement à $f(z)$, du niveau $\sigma(r)$, défini dans $0 \leqq r < \infty$.

---

(1) *Rospravy II tridy Ceske Akad.*, 53, n° 43, 1943. Cf. *Math. Reviews*, 1947.

(*) Séance du 11 octobre 1948.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 615 et 709.

Avec les notations usuelles

$$\delta(a) = \lim_{r=\infty} \frac{m(r, a)}{T(r, f)}$$

est la déficience et

$$\Delta(a) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{m(r, a)}{T(r, f)}$$

la déficience supérieure (de Valiron) de la valeur a de $f(z)$.

2. Théorème I. — *Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans le plan fini et $\sigma(r)$ une fonction de r finie, positive et non croissante pour tout $r < \infty$; on a alors, étant donné un nombre complexe quelconque a :*

$$(1) \quad \begin{cases} (a) & \Delta(a) \leqq \overline{\lim_{r=\infty}} \dfrac{P[r, a, \sigma(r)] \log r}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f], \\ (b) & \delta(a) \leqq \overline{\lim_{r=\infty}} \dfrac{P[r, a, \sigma(r)] \log r}{T(r, f)} + \underline{I}[\sigma(r), f], \\ (c) & \delta(a) \leqq \underline{\lim_{r=\infty}} \dfrac{P[r, a, \sigma(r)] \log r}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f]. \end{cases}$$

Donnons un aperçu de la démonstration. Étant donné $p(r)$ tel que $0 \leqq p(r) < \infty$ pour tout $r < \infty$, nous avons défini $V = V[a, \sigma(r), p(r)]$ et $\mathcal{C}V = \mathcal{C}V[a, \sigma(r), p(r)]$; et nous avons démontré que *si $r = \infty$ est un point limite de* V, *on a, pour tout $r \in V$,*

$$(2) \quad m(r, a) < (\pi + \log r) p(r) + \overset{+}{\log} \frac{1}{\sigma(r)} + O(1).$$

Comme corollaires immédiats de ce résultat, nous avons :

Lemme 1. — *Étant donnés les fonctions $\sigma(r)$ et $p(r)$ et un nombre complexe a, si l'une des inégalités*

$$\Delta(a) > \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{p(r) \log r}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f], \qquad \delta(a) > \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{p(r) \log r}{T(r, f)} + \underline{I}[\sigma(r), f]$$

est satisfaite, $r = \infty$ est un point limite de $\mathcal{C}V[a, \sigma(r), p(r)]$.

Lemme 2. — *Si, étant donnés $\sigma(r)$, $p(r)$ et un nombre complexe a*

$$\delta(a) > \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{p(r) \log r}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f],$$

$r = \infty$ n'est pas un point limite de $V[a, \sigma(r), p(r)]$. Pour démontrer (1) (a) nous pouvons nous borner au cas où $0 \leqq \bar{I}[\sigma(r), f] < \delta(a)$, et $p(r)$ étant arbitraire dans le lemme 1, nous pouvons poser

$$(3) \quad \lim_{r=\infty} \frac{p(r) \log r}{T(r, f)} = \Delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon,$$

où ε est arbitrairement petit et il s'ensuit que $r = \infty$ est un point limite de

$\mathcal{C}V[a, \sigma(r), p(r)]$. Donc, en écrivant $r' \in \mathcal{C}V[a, \sigma(r), p(r)]$, on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq \overline{\lim_{r'=\infty}} \frac{P[r', a, \sigma(r')]}{T(r', f)} \geqq \overline{\lim_{r'=\infty}} \frac{p(r') \log r'}{T(r' f)} = \Delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon,$$

ce qui démontre (1) (a). En égalant le premier membre de (3) à $\delta(a) - \underline{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon$ ou à $\delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon$, on déduit (1)($b$) et (1)($c$) des lemmes 1 et 2 respectivement.

3. Moyennant une condition plus restrictive, on améliore les inégalités :

THÉORÈME II. — *Si les conditions du théorème I sont remplies et si, de plus, il existe une courbe tendant vers l'infini et sur laquelle* $1/[f(z) - a]$ *est borné* [*ou* $f(z)$ *pour* $a = \infty$], *on a*

$$(4) \quad \begin{cases} (a) & \Delta(a) \leqq \frac{\pi}{2} \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f], \\ (b) & \delta(a) \leqq \frac{\pi}{2} \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} + \underline{I}[\sigma(r), f], \\ (c) & \delta(a) \leqq \frac{\pi}{2} \underline{\lim_{r=\infty}} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f]. \end{cases}$$

Dans les conditions de ce théorème, il résulte d'un précédent résultat que pour $r \in V[a, \sigma(r), p(r)] [0 \leqq p(r) < \infty]$, on a

$$m(r, a) < \frac{\pi}{2} p(r) + \overset{+}{\log} \frac{1}{\sigma(r)} + O(1).$$

On raisonne alors en utilisant cette inégalité à la place de (2).

4. Les théorèmes I et II donnent des bornes supérieures des déficiences $\Delta(a)$ et $\delta(a)$; ou des bornes inférieures pour les indices $\bar{I}[\sigma(r), f]$ et $\underline{I}[\sigma(r), f]$; ou des conditions limitant inférieurement la croissance de $P[r, a, \sigma(r)]$ en fonction des déficiences $\Delta(a)$ et $\delta(a)$ et des indices $\bar{I}[\sigma(r), f]$ et $\underline{I}[\sigma(r), f]$. Supposons, par exemple $\delta(a) > 0$ et que $\sigma(r)$ ait pour indice $I[\sigma(r), f] = \vartheta \delta(a)$ avec $0 \leqq \vartheta < 1$. On aura alors, en général,

$$\underline{\lim} \frac{P[r, a, \sigma(r)] \log r}{T(r, f)} \geqq (1 - \vartheta) \delta(a) > 0,$$

ou, dans les conditions du théorème II,

$$(5) \quad \frac{\pi}{2} \underline{\lim} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq (1 - \vartheta) \delta(a) > 0.$$

Si $\sigma(r)$ est une constante, ces inégalités sont valables pour $\vartheta = 0$. L'inégalité (5) est la meilleure possible à un facteur constant près comme le montre une fonction introduite par Mme L. Schwartz (*Comptes rendus*, 212, 1942, p. 382-384) et pour laquelle si $\sigma < 1$, $\overline{\lim} P(r, 0, \sigma)/T(r, f) < \infty$, tandis que $\delta(0) > 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions presque loxodromiques et fonctions presque automorphes.* Note de M. **Paul Métral**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous définirons d'abord les fonctions *presque loxodromiques* dans le domaine des fonctions continues : $f(x)$ sera dite p. l. si à tout nombre positif ε correspond un nombre N, tel que dans *tout* intervalle (u, Nu) existe un nombre a tel que

$$|f(ax)-f(x)|<\varepsilon,$$

pour toutes les valeurs réelles de x. Bien que ces fonctions soient liées aux fonctions de M. H. Bohr par un changement de variable évident, il est peut-être intéressant de les étudier séparément, de même que dans le domaine analytique on étudie les fonctions loxodromiques indépendamment des fonctions elliptiques.

On vérifie ainsi qu'une fonction p. l. est bornée, qu'une somme finie de p. l. est p. l.; l'existence d'une moyenne

$$\mathfrak{M}\left\{\frac{f(x)}{x}\right\}=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_1^T\frac{f(x)}{x}\,dx,$$

qui joue ici le rôle fondamental de

$$\mathfrak{M}\{f(x)\}=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_0^T f(x)\,dx$$

pour les fonctions presque périodiques.

2. Signalons dès maintenant l'utilisation fréquente de la remarque suivante : étant *donnée* une fonction continue $f(x)$, nous dirons que $F(x)$ est *associée* d'une manière presque périodique à $f(x)$, si étant donné $\varepsilon > 0$ quelconque, on peut lui faire correspondre une longueur l, dépendant de f et de ε, telle que, dans tout intervalle de longueur l, existe un nombre τ tel que

$$|F(x+\tau)-f(x)|<\varepsilon$$

pour toutes les valeurs de x; on vérifie facilement que ces fonctions $f(x)$ admettent un théorème de la moyenne analogue à celui des fonctions presque périodiques.

De même, $f(x)$ étant toujours *donnée*, $F(x)$ sera dite associée d'une manière presque loxodromique, si à tout $\varepsilon > 0$ correspond N, tel que dans tout intervalle (u, Nu) existe a tel que

$$|F(ax)-f(x)|<\varepsilon$$

pour toutes les valeurs de x. Ces fonctions F admettent un théorème de la moyenne, mais naturellement utilisant $\frac{1}{T}\int_1^T\frac{F(x)}{x}dx$.

On sait comment M. Bochner a édifié une théorie des fonctions presque périodiques abstraites, en utilisant les éléments de translation [1] : on peut

[1] *Acta Mathematica*, 61, 1933, p. 149-183.

transposer une partie des résultats au cas loxodromique par l'emploi des éléments d'homothétie, par exemple la notion de normalité. On peut de même transposer la notion de moyenne de M. von Neumann ([2]), et définir la presque loxodromicité par rapport à un groupe.

3. Abordons un cas moins lié aux fonctions presque périodiques. Nous dirons qu'une fonction continue est du type p. p. l. si, étant donné $\varepsilon > 0$, il existe simultanément une longueur l et un nombre N, tels que dans tout intervalle de longueur l existe un nombre β et dans tout intervalle (u, Nu) existe un nombre α tels que

$$|f(\alpha x + \beta) - f(x)| < \varepsilon$$

pour toute valeur réelle de x.

Ces fonctions sont voisines de celles du type loxodromique. Elles admettent un théorème de la moyenne : $\lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \int_1^T \frac{f(x)}{x} dx$ existe. La démonstration peut s'obtenir en cherchant une borne de la valeur absolue de

$$\frac{1}{T^n} \int_1^{T^n} \frac{f(x)}{x} dx - \frac{N_n}{T^n} \int_1^T f(x)\, dx;$$

on considère la première intégrale comme somme d'intégrales de la forme $\int_{T^h}^{T_{h+1}}$ où l'on effectue le changement de variable $x = \alpha y + \beta$, avec $T^h < \beta < T^h + l$ et $T^h < \alpha < NT^h$; on termine en utilisant le critère de Cauchy comme pour les fonctions presque périodiques ([3]).

4. Signalons encore la définition des fonctions associées $F(x)$ telles que $|F(\alpha x + \beta) - f(x)| < \varepsilon$, où $f(x)$ est *donnée* et où α et β sont soumis à des conditions du type indiqué ; ces fonctions admettent en particulier un théorème de la moyenne : $\lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \int_1 \frac{F(x)}{x} dx$ existe. Leur emploi permet de démontrer un autre théorème de la moyenne pour les fonctions $f(x)$ telles que

$$\left| f\left(\frac{1}{\alpha x + \beta}\right) - f(x) \right| < \varepsilon,$$

les conditions relatives à α et β étant les mêmes que plus haut. Ce théorème concerne $\lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \int_1^T \frac{f\left(\frac{1}{x}\right)}{x} dx$ dont l'existence est immédiate.

([3]) Par exemple, FAVARD, *Leçons sur les fonctions presque périodiques*, Paris.
([2]) *Trans. of the American Math. Society*, 36, 1934, p. 445-491 ; VON NEUMANN et BOCHNER, *Trans.*, 37, 1935, p. 21-49.

GÉOMÉTRIE. — *Sur de nouveaux points du tétraèdre.*
Note (*) de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

Notations. — Suivant l'usage, on désignera par a, a', b, b', c, c' les arêtes BC, DA, CA, DB, AB, DC, par A, B, C, D les aires des faces BCD, CDA, DAB, ABC d'un tétraèdre $T \equiv ABCD$ et nous n'utiliserons que les coordonnées barycentriques.

1. Le point N de coordonnées

$$b'+c'+a, \quad c'+a'+b, \quad a'+b'+c, \quad a+b+c$$

coïncide avec le symétrique, par rapport au centre de gravité G de T, du barycentre des arêtes, de cordonnées

$$(1) \qquad b+c+a', \quad c+a+b', \quad a+b+c' \quad a'+b'+c'.$$

L'anticomplémentaire N_1 de N a pour coordonnées

$$[2(b+c+a')-(b'+c'+a)], \ldots,$$

et celles de son réciproque N_2 sont inversement proportionnelles aux coordonnées de N_1. Le point N_2 coïncide donc aussi avec le pôle harmonique du plan radical de la sphère circonscrite (O) au tétraèdre T et de la sphère (ω), pour laquelle les puissances des sommets A, B, C, D sont proportionnelles aux quantités (1). On pourrait appeler N_2 *second* point de Gergonne de T, un *premier* point ayant déjà été défini par M. R. Bouvaist [1].

Si le tétraèdre T est circonscriptible par les arêtes, $a+a'=b+b'=c+c'$, et N_2 se confond avec le point de concours des droites qui unissent les sommets aux points de Gergonne des faces opposées.

2. Nous avons nommé *premier* point de Lemoine du tétraèdre T le point K de coordonnées A^2, B^2, C^2, D^2 [2] et *second* point de Lemoine le point L de coordonnées $ab'c'$, $bc'a'$, $ca'b'$, abc [3]. Nous proposons d'appeler *troisième* point de Lemoine le point J de coordonnées

$$b'^2+c'^2+a^2, \quad c'^2+a'^2+b^2, \quad a'^2+b'^2+c^2, \quad a^2+b^2+c^2,$$

qui coïncide avec le symétrique, par rapport au point G, du barycentre des carrés des arêtes, de coordonnées

$$(2) \qquad b^2+c^2+a'^2, \quad c^2+a^2+b'^2, \quad a^2+b^2+c'^2, \quad a'^2+b'^2+c'^2.$$

(*) Séance du 11 octobre 1948.

(1) *Mathesis*, 54, Supplément, p. 19.

(2) Simon Lhuillier, *Élément d'Analyse*, p. 297.

(3) V. Thébault, *Annales de la Soc. Scient. de Bruxelles*, 1922, p. 173.

L'anticomplémentaire J_1 de J ayant pour coordonnées

$$[2(b^2+c^2+a'^2)-(b'^2+c'^2+a^2)], \quad \ldots,$$

son réciproque J_2 se confond, si le tétraèdre T est *orthocentrique*, avec l'orthocentre H de celui-ci.

Dans le tétraèdre général, J_2 correspond donc à l'orthocentre du tétraèdre orthocentrique.

D'autre part, J_2 coïncide aussi avec le pôle harmonique du plan radical de la sphère (O) et de la sphère (ω), pour laquelle les puissances des sommets A, B, C, D sont proportionnelles aux quantités (2), c'est-à-dire avec le pôle harmonique du symétrique par rapport au point G, du plan radical de (O) et de la sphère des douze points de T que nous avons défini ([4]).

Lorsque T est *orthocentrique*, $J_2 \equiv H$ coïncide avec le pôle harmonique du symétrique, par rapport au point G, du plan radical de (O) et de la *seconde* sphère des douze points (*plan orthique.*) A ces différents points de vue, l'analogie entre le triangle et le tétraèdre est donc complète.

3. Complément a une précédente note. Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *le point* Ω *de Monge coïncide avec le centre radical des sphères orthocentroïdales des tétraèdres* $Ta \equiv \Omega BCD$, $Tb \equiv \Omega CDA$, $Tc \equiv \Omega DAB$, $Td \equiv \Omega ABC$ ([5]).

Cette proposition est un cas particulier de la suivante où nous conservons les mêmes notations.

Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *le centre radical des sphères* (ω_i), ($i = a, b, c, d,$), *pour lesquelles les puissances des sommets des tétraèdres* Ti *soient égales à* k *fois le double de la somme des carrés des arêtes aboutissant à ces sommets diminué de la somme des carrés des arêtes des faces opposées, se confond avec le point* Ω *de Monge.*

En particulier, si $k = 1/6$, les sphères (ω_i) sont les sphères de Longchamps des tétraèdres complémentaires de Ti. Lorsque $k = 1/8$, on retrouve le théorème prérappelé. Enfin, quand $k = 1/9$, les sphères (ω_i) sont les sphères des douze points des tétraèdres Ti.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le rayon d'une sphère dont la surface contient une courbe fermée.* Note de MM. **Heinz Rutishauser** et **Hans Samelson**, présentée par M. Paul Montel.

1. On doit à W. Fenchel le théorème suivant ([1]) :

Toute courbe fermée située sur une sphère et plus courte que l'équateur est contenue dans un hémisphère ouvert.

([4]) *Comptes rendus du Congrès International* (Oslo), 1936, p. 142.

([5]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1615.

([1]) *Math. Annalen*, **101**, 1929, p. 238-252, en particulier le théorème I'.

Récemment, H. Rutishauser a précisé ce résultat en établissant le :

THÉORÈME. — *Soit* C *une courbe fermée située sur la sphère unité* S_n *de l'espace euclidien* R^{n+1} *à* $n+1$ *dimensions, de longueur* $L(C) = L < 2\pi$.

Alors il existe un point $m \in S_n$ *dont la distance sphérique* $\overline{mx}$ *à tout point* x *de* C *soit* $\leqq L/4$.

Une proposition analogue vaut pour les courbes fermées de longueurs quelconques L de l'espace euclidien ou hyperbolique à n dimensions (*cf.* n° 5).

Nous donnons ci-dessous une brève démonstration de ce théorème, due à H. Samelson, qui du reste n'utilise pas le théorème de Fenchel.

2. Nous désignons par $\overline{ab}$ la distance sphérique de deux points a, b de S_n; si $\overline{ab} < \pi$, nous appelons *centre* de la paire (a, b) le point m (unique) vérifiant $\overline{am} = \overline{bm} = (1/2)\overline{ab}$.

LEMME. — *Soient* a, b *deux points de* S_n *tels que* $\overline{ab} < \pi$, m *leur centre*, $x \in S_n$ *pour lequel* $2\overline{mx} < \pi$. *On a alors*

$$(1) \qquad 2\overline{mx} \leqq \overline{ax} + \overline{bx}.$$

Démonstration. — Soit x' le symétrique de x par rapport à m, c'est-à-dire le point de S_n formant avec x une paire dont m est le centre; on a $\overline{x'a} = \overline{xb}$ et, puisque $2\overline{mx} < \pi$, $\overline{x'x} = \overline{x'm} + \overline{mx} = 2\overline{mx}$. L'inégalité du triangle entraîne

$$2\overline{mx} = \overline{x'x} \leqq \overline{x'a} + \overline{ax} = \overline{ax} + \overline{xb}.$$

3. Soient C une courbe satisfaisant aux hypothèses du théorème (n° 1), a et b deux points divisant C en deux arcs (ab) et (ba) de même longueur $L(ab) = L(ba) = (1/2)L$; de $\overline{ab} \leqq L(ab)$ et $L < 2\pi$ on tire $\overline{ab} < \pi$; le centre m de la paire (a, b) est alors défini et nous voulons montrer qu'il vérifie la conclusion du théorème.

Considérons pour cela un point $x \in C$ et admettons tout d'abord que $2\overline{mx} < \pi$, ce qui permet d'appliquer l'inégalité (1) du lemme; supposons, pour fixer les idées, x sur l'arc (ab). Les longueurs des arcs (ax) et (xb) déterminés sur (ab) par x sont soumises aux relations :

$$(2) \qquad L(ax) \geqq \overline{ax}, \qquad L(xb) \geqq \overline{xb}, \qquad L(ax) + L(xb) = L(ab) = \frac{1}{2}L,$$

qui, jointes à (1), donnent $\overline{mx} \leqq (1/4)L$.

Ainsi, on voit que la fonction $\overline{mx}$, $(x \in C)$, ne prend aucune valeur de l'intervalle ouvert $(L/4, \pi/2)$; comme elle est continue et que C est connexe, on doit avoir, soit $\overline{mx} \leqq L/4$ pour tout $x \in C$, soit $2\overline{mx} \geqq \pi$ pour tout $x \in C$; le deuxième cas est exclu puisque $2\overline{ma} = \overline{ab} < \pi$, ce qui démontre le théorème.

4. On peut même en général trouver un point m tel que $\overline{mx} < L/4$ (pas seulement $\leqq L/4$) pour tout $x \in C$; plus précisément, nous affirmons qu'*il*

n'existe pas de tel point m si et seulement si C se compose d'un arc de grand cercle de longueur L/2 parcouru dans les deux sens.

Nous reprenons les notations des n°s 2 et 3; s'il se trouve un point m pour lequel $\overline{mx} = L/4$, les trois inégalités figurant dans (1) et (2) sont remplacées par des égalités. On déduit alors de (2) que les arcs (ax) et (xb) sont des arcs de grand cercle, et de (1), que $\overline{x'x} = \overline{x'a} + \overline{ax}$; a et b sont donc sur l'arc de grand cercle déterminé par x et x'; ainsi, une des moitiés (ab) au moins de la courbe C se compose de deux arcs (ax) et (xb) du même grand cercle d'où l'on déduit aisément notre proposition.

5. Nous n'avons utilisé que très incomplètement les propriétés de S_n et notre théorème vaut dans des espaces plus généraux. Soit M un espace métrique auquel on peut attacher un nombre positif r jouissant des propriétés suivantes : α. toute paire de points (a, b) pour laquelle $\overline{ab} < r$ a exactement un centre m, c'est-à-dire un point vérifiant $\overline{am} = \overline{bm} = (1/2)\overline{ab}$; β. pour tout $m \in M$, la boule ouverte de centre m et de rayon $r/2$ admet une isométrie involutive sur elle-même qui échange deux points si, et seulement si m est leur centre. A la place de la *longueur d'un arc de courbe*, il nous suffit d'avoir une fonctionnelle additive définie sur une certaine classe de courbes, qui soit continue dans un sens facile à préciser, et dont la valeur soit pour chaque arc de courbe au moins égale à la distance de ses extrémités. Le théorème du n° 1 et sa démonstration donnée aux n°s 2 et 3 restent alors valables sans aucun changement pour toutes les courbes fermées C de M dont les longueurs sont $< 2r$. Il en est de même pour le complément (n° 4), si l'on ajoute des hypothèses appropriées sur l'existence et l'unicité des lignes géodésiques.

En particulier, M pourra être l'espace euclidien ou hyperbolique à n dimensions (avec r infini), ou plus généralement, un espace de Riemann symétrique au sens de E. Cartan.

CINÉMATIQUE. — *Généralisation de la formule de Cauchy et des théorèmes de Helmholtz au mouvement d'un milieu continu quelconque.* Note (*) de M. **Clifford Truesdell**, transmise par M. Henri Villat.

Soient dans le mouvement d'un milieu continu : x_i les coordonnées eulériennes, x_α les coordonnées lagrangiennes, $\dot{x}_i$ les composantes de la vitesse, $\ddot{x}_i$ les composantes de l'accélération, ξ_i les composantes du vecteur tourbillon $(\xi_i \equiv -e_{ijk}\dot{x}_{j,k})$ et ρ la densité. Dans tout mouvement dans lequel la circulation autour de chaque contour fluide fermé reste constante, on a [1], avec les

(*) Séance du 4 octobre 1948.

[1] Cauchy, *Œuvres*, 1re série, **1**, p. 5-318 (*voir* 1re Partie, 1re Section, § 4); Stokes, *Math. and Phys. Papers*, **2**, p. 36-50.

hypothèses usuelles de continuité,

$$\frac{\xi_i}{\rho} = x_{i,\alpha}\frac{\xi_\alpha}{\rho_0}, \tag{1}$$

où les ξ_α sont les valeurs des ξ_i et ρ_0 est la valeur de ρ à l'instant $t = t_0$.

Dans un tel mouvement, on dit que le vecteur tourbillon n'est changé que par la *convection*. Pour tout autre mouvement, le vecteur tourbillon est aussi changé par la *diffusion*. Afin de faire une nette distinction entre la convection et la diffusion, nous déduirons une formule cinématique générale pour le vecteur tourbillon dans un milieu quelconque.

On a l'équation différentielle bien connue pour ξ_i/ρ

$$\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{D}t}\left(\frac{\xi_i}{\rho}\right) = v_{i,j}\frac{\xi_j}{\rho} - \frac{1}{\rho} e_{ijk}\ddot{x}_{j,k}, \tag{2}$$

où $\mathrm{D}/\mathrm{D}t$ représente la différentiation *matérielle*. Comme $x_{i,\alpha}x_{\alpha,j} = \delta_{ij}$, on trouve $\mathrm{D}(x_{\alpha,j})/\mathrm{D}t = -x_{\alpha,i}\dot{x}_{i,j}$. De l'équation (2) on a donc

$$\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{D}t}\left(\frac{\xi_i}{\rho}x_{\alpha,i}\right) = -\frac{1}{\rho} e_{ijk}\ddot{x}_{j,k}x_{\alpha,i}. \tag{3}$$

Intégrant de t_0 à t et multipliant ensuite par $x_{j,\alpha}$, on trouve la formule désirée

$$\frac{\xi_i}{\rho} = \left[\frac{\xi_\alpha}{\rho_0} - \int_{t_0}^{t}\frac{e_{ljk}\ddot{x}_{j,k}x_{\alpha,l}}{\rho}\,dt\right]x_{i,\alpha}, \tag{4}$$

$$\frac{\xi_i}{\rho} = \left[\frac{\xi_\alpha}{\rho_0} - \frac{1}{2\rho_0}\int_{t_0}^{t} e_{ljk}\, e_{\alpha\beta\gamma}\, e_{lmn}\ddot{x}_{j,k}x_{m,\beta}x_{n,\gamma}\,dt\right]x_{i,\alpha}, \tag{5}$$

$$\frac{\xi_i}{\rho} = \left[\frac{\xi_\alpha}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma}(\ddot{x}_j x_{j,\beta})_{,\gamma}\,dt\right]x_{i,\alpha}. \tag{6}$$

L'une des deux conditions

$$e_{ijk}\ddot{x}_{j,k} = 0, \qquad e_{\alpha\beta\gamma}(\ddot{x}_j x_{j,\beta})_{,\gamma} = 0 \tag{7}$$

est nécessaire et suffisante pour que la circulation autour de chaque contour fluide fermé reste constante. De l'une des équations (7) et de (4) ou (6) on retrouve l'équation (1).

Dans le cas général le vecteur tourbillon transporté par convection est le premier terme de (6), et le vecteur tourbillon diffusé est le second terme. Le vecteur tourbillon transporté par convection ne dépend que de la valeur initiale ξ_α et du déplacement relatif d'un petit domaine autour de la particule x_α, autrement dit des $x_{i,\alpha}$. La convection est donc indépendante de tout changement temporel et des trajectoires des particules, étant complètement déterminée par les déplacements relatifs des particules à l'instant donné. Soient deux mouvements distincts $x_i = f_i(x_\alpha, t)$, $x_i = g_i(x_\alpha, t)$, tels qu'à un instant particulier t_1 on ait $f_i(x_\alpha, t_1) = g_i(x_\alpha, t_1)$. Si les ξ_α ont les mêmes valeurs dans

les deux cas, les composantes du vecteur tourbillon transporté par convection ont aussi les mêmes valeurs pour les deux mouvements, bien que leurs histoires intermédiaires soient tout à fait différentes. Au contraire, le vecteur tourbillon diffusé résulte de l'effet des composantes $e_{\alpha\beta\gamma}(\ddot{x}_j x_{j,\beta})_{,\gamma}$ que la particule rencontre le long de sa trajectoire, et par conséquent dépend essentiellement de l'histoire du mouvement. Des modèles spéciaux des milieux continus, comme par exemple des corps parfaitement élastiques ou des fluides visqueux, se définissent par une forme spéciale de la dépendance fonctionnelle de l'accélération $\ddot{x}_i$ des autres variables. Donc le mécanisme de la diffusion diffère d'un modèle à l'autre, quoique celui de la convection soit absolument le même pour tous les modèles.

On sait (²) que les théorèmes de Helmholtz sont des conséquences de (1). De (6), on peut en construire des généralisations. Soient dx_i des différentielles le long d'une courbe fluide. On a donc

$$(8) \qquad e_{ijk}\, dx_j \frac{\xi_k}{\rho} = e_{ijk} x_{j,\alpha}\, dx_\alpha \left[\frac{\xi_\beta}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma} (\ddot{x}_m, x_{m,\beta})_{,\gamma}\, dt \right] x_{i,\alpha}$$
$$= \left(e_{\alpha\beta\gamma}\, dx_\beta \left[\frac{\xi_\beta}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \int_{t_0}^{t} \cdots \right] \right) \left(\frac{1}{2} e_{\alpha\lambda\delta} e_{ijk} x_{j,\lambda} x_{k,\delta} \right).$$

Si la courbe fluide est une ligne tourbillonnaire à l'instant t_0, on a $e_{\alpha\beta\gamma} dx_\beta \xi_\gamma = 0$. De l'équation (8) on tire la conclusion que, pour que la courbe fluide revienne à l'état de ligne tourbillonnaire à l'instant t (sans l'être nécessairement durant l'intervalle $t - t_0$), il est nécessaire et suffisant que l'effet de la diffusion soit nul $\int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma}(\ddot{x}_m x_{m,\beta})_{,\gamma}\, dt = 0$. Soient dS_i les composantes d'un élément d'aire d'une surface fluide. On peut démontrer que

$$(9) \qquad \xi_i\, dS_i = \left[\xi_\alpha - \int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma} (\ddot{x}_m x_{m,\beta})_{,\gamma}\, dt \right] dS_\alpha.$$

Donc l'effet de la diffusion peut être expliqué comme suit : soient deux mouvements distincts $x_i = f_i(x_\alpha, t)$, $x_i = g_i(x_\alpha, t)$, tels qu'à un instant donné t on ait $f_i(x_\alpha, t) = g_i(x_\alpha, t)$. De l'équation $x_i = f_i(x_\alpha, t)$ du premier mouvement, dans lequel $\xi_i = \xi_\alpha$ à l'instant t_0, nous calculons $\xi'_\alpha \equiv - \int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma} (\ddot{x}_m x_{m,\beta})_{,\gamma}\, dt$. Soit le second mouvement sans diffusion, mais à l'instant t_0 soient $\xi_\alpha + \xi'_\alpha$ les composantes de son vecteur tourbillon. Donc à l'instant t les vecteurs tourbillons des deux mouvements sont égaux. Ainsi pour un mouvement quelconque pendant chaque intervalle du temps il existe dans le même intervalle un mouvement équivalent dans lequel il n'y a que la convection.

(²) Kirchhoff, *Vorlesungen über Math. Physik; Mechanik*, 2ᵉ éd., Leipzig, 1877, ch. 15, § 3. Stokes, *Math. et Phys. Papers*, **2**, Cambridge, 1883, p. 36-50, voir note à la fin.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le tenseur spectral de la turbulence homogène non isotrope dans un fluide incompressible.* Note (*) de M. **Joseph Kampé de Fériet**, transmise par M. Henri Villat.

I. Les résultats les plus importants de la théorie statistique de la turbulence supposent toujours celle-ci *homogène et isotrope*; ils sont basés sur le *tenseur de corrélation* $R_{j,k}(h)$ de Karman (1). On obtient un instrument analytique plus souple en substituant à $R_{j,k}(h)$ le tenseur $\varphi_{j,k}(\lambda)$, que l'on pourrait appeler le *tenseur spectral*, dont les composantes sont les transformées de Fourier du précédent; la facilité des calculs avec ce nouveau tenseur est telle qu'il n'y a plus aucune raison de maintenir la condition restrictive de l'isotropie. *La cinématique de la turbulence homogène est alors basée sur l'analyse harmonique des fonctions stationnaires* que, dans le cas actuel, on peut interpréter comme des fonctions aléatoires définies sur le groupe des translations d'un espace euclidien (2).

II. A un instant donné t, les trois composantes u_j de la vitesse en un point du fluide sont des fonctions aléatoires stationnaires, continues en moyenne, des coordonnées x_j (3)

$$\overline{u_j(x)} = 0, \qquad \overline{u_j(x')\,u_k(x)} = R_{j,k}(h), \qquad h_j = x'_j - x_j \qquad (j = 1, 2, 3).$$

En supposant le spectre de la turbulence absolument continu, la correspondance entre le tenseur de corrélation et le tenseur spectral est définie par

$$R_{j,k}(h) = \overline{u_j(x')\,u_k^\star(x)} = \int_\Lambda e^{i\lambda h}\varphi_{j,k}(\lambda)\,d\lambda$$

($\lambda h = \lambda_1 h_1 + \lambda_2 h_2 + \lambda_3 h_3$, $d\lambda = d\lambda_1\,d\lambda_2\,d\lambda_3$), l'intégrale étant étendue à tout l'espace Λ des fréquences : $-\infty < \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 < +\infty$. Le tenseur spectral n'est assujetti qu'à une seule condition : $\sum_{k,j} X_j X_k^\star \varphi_{j,k}(\lambda) \geqq 0$, quels que soient les X_j; d'où la symétrie hermitienne

$$\varphi_{j,k}(\lambda) = \varphi_{k,j}^\star(\lambda); \qquad \varphi_{j,j}(\lambda) \geqq 0.$$

(*) Séance du 4 octobre 1948.

(1) Th. von Karman et L. Howarth, *Proc. Roy. Soc. London*, A, **164**, 1938, p. 192.

(2) J. Kampé de Fériet, *Fonctions aléatoires stationnaires et groupes de transformations dans un espace abstrait* (*Colloque International de Calcul de Probabilités*, Lyon, 28 juin-3 juillet 1948).

(3) $u_j(x)$, $R_{j,k}(h)$, $\varphi_{j,k}(\lambda)$ sont des abréviations pour $u_j(x_1, x_2, x_3)$, $R_{j,k}(h_1, h_2, k_3)$, $\varphi_{j,k}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$; $z^\star$ désigne le nombre complexe conjugué de z; les composantes u_j sont évidemment réelles; mais, pour pouvoir employer les exponentielles complexes, beaucoup plus souples, il y a intérêt à conserver l'expression générale des covariances pour des u complexes. On obtient des u_j réelles comme cas particulier, en imposant aux $\varphi_{j,k}$ des conditions de symétrie, qui reviennent à ne considérer que les valeurs positives des fréquences λ_j.

L'incompressibilité du fluide se traduit par les 6 équations

$$\sum_j \lambda_j \varphi_{j,k} = 0 \qquad (k = 1, 2, 3); \qquad \sum_k \lambda_k \varphi_{j,k} = 0 \qquad (j = 1, 2, 3).$$

Il en résulte que, pour un fluide incompressible, le tenseur spectral a comme forme générale

$$\varphi_{j,k} = f_j f_k^\star + \left(\delta_{j,k} - \frac{\lambda_j k_k}{\mu^2}\right) g \qquad (\mu^2 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2),$$

où $\delta_{j,k}$ désigne le tenseur unité, $g(\lambda)$ une fonction scalaire arbitraire réelle positive, $f_j(\lambda)$ les 3 composantes d'un vecteur arbitraire complexe, normal au vecteur fréquence : $\lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \lambda_3 f_3 = 0$. L'isotropie correspond au cas particulier $f_j = 0$, $g = g(\mu)$; cette fonction est liée au coefficient de corrélation $f(r)$ de Karman par

$$g(\mu) = \frac{1}{4\pi}\left[\theta''(\mu) - \frac{1}{\mu}\theta(\mu)\right], \qquad \theta(\mu) = \frac{\overline{u^2}}{\pi}\int_0^{+\infty} f(r)\cos\mu r\, dr.$$

III. En introduisant de même le tenseur spectral $\psi_{j,k}$ du tourbillon $\omega_j(x)$

$$4\overline{\omega_j(x')\,\omega_k^\star(x)} = \int_\Lambda e^{i\lambda h}\psi_{j,k}(\lambda)\,d\lambda,$$

les deux tenseurs spectraux sont liés par les relations simples

$$\psi_{j,k} = -\mu^2\varphi_{j,k} + (\delta_{j,k}\mu^2 - \lambda_j\lambda_k)\varphi, \qquad \varphi = \sum_j \varphi_{j,j},$$

$$\mu^4\varphi_{j,k} = -\mu^2\psi_{j,k} + (\delta_{j,k}\mu^2 - \lambda_j\lambda_k)\psi, \qquad \psi = \sum_j \psi_{j,j} = \mu^2\varphi.$$

Les valeurs moyennes des énergies cinétique et tourbillonnaire (par unité de masse) ont pour expression

$$2\overline{\mathrm{E}} = \int_\Lambda \varphi\, d\lambda, \qquad 4\overline{\omega^2} = \int_\Lambda \mu^2\varphi\, d\lambda.$$

On peut donc écrire $\overline{\mathrm{E}} = 2\overline{\omega^2} : l^2$, la grandeur l ayant les dimensions d'une longueur, qui ne dépend que de l'invariant φ du tenseur spectral

$$l^2 = \int_\Lambda \varphi\, d\lambda : \int_\Lambda \mu^2\varphi\, d\lambda.$$

On a, d'autre part, le signe négatif ayant une interprétation physique intéressante dans les problèmes concernant la diffusion du tourbillon

$$4\sum_j \overline{\omega_j\,\Delta\omega_j} = -\int_\Lambda \mu^4\varphi\, d\lambda.$$

RELATIVITÉ. — *Képler et les formules de Lorentz*. Note (*) de M. **Gérard Kowalewski**, présentée par M. Élie Cartan.

Képler a simplifié le calcul des éphémérides en introduisant les deux anomalies, anomalie vraie v et anomalie excentrique u. De la figure qui représente l'affinité entre l'ellipse et son cercle circonscrit il tire les équations

$$r\cos v = a(\cos u - \varepsilon), \qquad r\sin v = a\sqrt{1-\varepsilon^2}\sin u,$$

qui lui donnent par addition des carrés

$$r = a(1-\varepsilon\cos u).$$

De là il obtient les formules fondamentales

$$\cos v = \frac{\cos u - \varepsilon}{1-\varepsilon\cos u}, \qquad \sin v = \frac{\sqrt{1-\varepsilon^2}\sin u}{1-\varepsilon\cos u},$$

qui donnent v en fonction de t après avoir calculé u au moyen de son équation $u - \varepsilon\sin u = 2\pi t/\tau$, qui exprime son célèbre théorème des aires.

Quand on pose $\cos u = x$, $\sin u = y$, $\cos v = x_1$, $\sin v = y_1$, les formules fondamentales de Képler se présenteront sous cette forme

$$(\tau_\varepsilon) \qquad x_1 = \frac{x-\varepsilon}{1-\varepsilon x}, \qquad y_1 = \frac{y\sqrt{1-\varepsilon^2}}{1-\varepsilon x}.$$

Faisant varier ε entre 0 et 1 on obtiendra ∞^1 transformations projectives $\mathcal{F}_\varepsilon$, qui forment un groupe, qu'on devrait appeler le *groupe képlérien*. Signalons en passant qu'au moyen de ces transformations képlériennes $\mathcal{F}_\varepsilon$ on peut édifier le groupe des mouvements de Lobatschewskij, au moins la branche principale de ce groupe, sous la forme $\mathcal{E}_\alpha\mathcal{F}_\varepsilon\mathcal{E}_\beta$, en désignant par $\mathcal{E}_\varphi$ la rotation euclidienne d'angle φ autour de l'origine. Remarquons encore que $\mathcal{F}_{\varepsilon_1}$ et $\mathcal{F}_{\varepsilon_2}$ donnent le produit $\mathcal{F}_{\varepsilon_3}$ avec

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{1+\varepsilon_1\varepsilon_2}.$$

En posant $\varepsilon_\nu = (v_\nu/c)$ on aura la règle d'addition des vitesses de la mécanique einsteinienne. Quand on introduit $\alpha = \operatorname{arcth}\varepsilon$, ce nouveau paramètre sera additif.

Écrivons $\mathcal{F}_\varepsilon$ sous forme homogène. Nous obtiendrons

$$x_1 = \frac{x-\varepsilon z}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}, \qquad y_1 = y, \qquad z_1 = \frac{-\varepsilon x + z}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}.$$

En tenant compte seulement des x, z et posant $z = \text{const.}$, $\varepsilon = (v/c)$, on aura

(*) Séance du 4 octobre 1948.

immédiatement les formules de Lorentz

$$x_1 = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad t_1 = \frac{-\frac{v}{c^2}x + t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

On pourra donc dire, que Képler a eu sous ses mains ces célèbres formules.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Le calcul de la pression thermodynamique dans un liquide quantique.* Note de M. **Jacques Yvon**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il n'y a aucun doute que l'interprétation des propriétés de l'hélium liquide et notamment l'interprétation des phénomènes relatifs à l'hélium II relève de la mécanique et de la statistique quantique. H.-S. Green [1] a exprimé l'opinion que cette interprétation pourrait être particulièrement liée à l'expression complexe de la pression thermodynamique que M. Born et H.-S. Green [2] ont déduite de leur théorie quantique du liquide de Bose-Einstein. Avec leurs notations cette pression s'écrit

$$p = p_1 + p_3 + p_5 + \ldots.$$

C'est un développement en série dont le premier terme est

$$p_1 = n_1 k\mathrm{T} - \frac{1}{6}\int n_2(r)\Phi'(r)\, r\, d\mathbf{r}.$$

Cette pression p_1 a la même expression formelle que la pression (au sens usuel) d'un liquide régi par les lois classiques, à cette différence près que dans la formule classique la température absolue T prend la place de la grandeur quantique T_1. Aux yeux de Born et Green, et ce point de vue paraît entièrement justifié, p_1 est la pression hydrostatique. L'essai d'interprétation de Green repose sur la distinction qu'il conviendrait donc de faire en théorie quantique entre la pression thermodynamique et la pression hydrostatique. Born et Green ont donné des pressions p_3, p_5, ... des expressions assez complexes qui ne sont pas faciles à discuter. Je vais indiquer ici comment il est possible de calculer p sans passer par l'intermédiaire de ces pressions p_3, ...

Le système, que je suppose enfermé dans un récipient cylindrique de volume V, d'axe parallèle à Ox, a un opérateur hamiltonien :

$$\mathrm{H} = \mathrm{K} + \frac{1}{2}\sum_i \sum_j \Phi_{ij} + \sum_i \Phi_i.$$

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 194, 1948, p. 244.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, 191, 1947, p. 168.

Ici K est l'opérateur énergie cinétique, somme des trois termes K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} relatifs respectivement aux axes Ox, Oy, Oz. Φ_{ij} est l'énergie intermoléculaire relative aux molécules i et j, fonction de la distance de leurs centres r_{ij} et Φ_i l'énergie répulsive intense exercée normalement par la paroi sur la molécule i lorsqu'elle se trouve dans son voisinage. Les fonctions propres viennent s'annuler sur la paroi. Nous utilisons encore le viriel intermoléculaire

$$J = J_{xx} + J_{yy} + J_{zz},$$

la composante J_{xx} ayant pour expression

$$J_{xx} = \frac{1}{2}\sum\sum (x_j - x_i)\left(\frac{\partial \Phi_{ij}}{\partial x_i}\right) = -\frac{1}{2}\sum\sum (x_j - x_i)^2 r_{ij}^{-2}\left(\frac{d\Phi_{ij}}{dr_{ij}}\right).$$

Désignons enfin par E_n une valeur propre de l'énergie et par O_n l'élément de matrice diagonal correspondant à l'état stationnaire n et à l'opérateur O quelconques. Posons

$$\exp\left(-\frac{\Psi}{kT}\right) = \sum_n \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right), \qquad \Pi_n = \exp\left[\frac{(\Psi - E_n)}{kT}\right].$$

Il est facile de voir que p_1 n'est pas autre chose que

$$\frac{1}{3V}\Sigma\Pi_n(2K_n + J_n),$$

ou, parce que le fluide est isotrope

$$p_1 = \frac{1}{V}\Sigma\Pi_n(2K_{xxn} + J_{xxn}).$$

Quant à p, il est défini par la formule thermodynamique

$$p = -\frac{\partial \Psi}{\partial V},$$

qui s'explicite

$$p = -\sum\left(\frac{\partial E_n}{\partial V}\right)\Pi_n.$$

$\partial E_n/\partial V$ peut s'évaluer par la méthode de perturbation. On imagine que la variation de volume a lieu par une dilatation parallèle à Ox dans le rapport $1 + \lambda$ infiniment voisin de 1. Soit x'_i, y_i, z_i l'ensemble des coordonnées d'une molécule dans le volume dilaté. Posons

$$x'_i = (1 + \lambda)x_i,$$

et prenons comme variables indépendantes x_i, y_i, z_i. On s'aperçoit que la recherche des états quantiques du système de molécules dans le volume dilaté est la recherche des états quantiques définis dans le volume initial par l'opéra-

teur suivant :

$$H - \lambda(2K_{xx} + J_{xx} + M),$$

M étant un terme qui résulte de l'effet du changement de variables et du déplacement de la paroi sur les Φ_i.

Alors

$$-V\frac{\partial E_n}{\partial V} = 2K_{xxn} + J_{xxn} + M_n.$$

Mais il est facile de voir que la contribution des M_n est nulle par raison de symétrie. Il en résulte que $p = p_1$. La somme des termes complémentaires p_3, p_5, ... est nulle. On parvient à la conclusion assez claire que même dans un liquide quantique la pression thermodynamique égale la pression hydrostatique. Les raisonnements précédents n'apportent guère de soutien aux vues de Green sur la question. Ces raisonnements sont calqués sur ceux qui sont indiqués pour le traitement classique du même problème.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'absorption de mésons lourds par le deutéron.* Note de MM. **Claude Marty** et **Jacques Prentki**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La production artificielle de mésons lourds par le cyclotron de Berkeley permet d'envisager une étude précise de l'interaction de ces particules avec les noyaux. Un processus de capture semble spécialement digne d'intérêt : c'est l'absorption des mésons Π par le deutéron, phénomène que l'on appellera mésodésintégration du deutéron. Du point de vue théorique, le deutéron est un noyau à peu près bien connu et l'on peut analyser le phénomène ci-dessus de façon plus exacte qu'il ne l'a été fait jusqu'à présent ([1]) pour d'autres nucléides. Sur le plan expérimental, la mésodésintégration du deutéron permet en principe l'établissement d'un bilan complet énergie-quantité de mouvement, puisque le neutron résultant de la dissociation du deutéron a une énergie et une quantité de mouvement (en valeur absolue) respectivement égales à celles du proton.

Le phénomène a été étudié théoriquement avec les hypothèses suivantes : *a.* mésons Π de faible énergie cinétique; *b.* mésons Π pseudo-scalaires ou vectoriels selon le formalisme des forces nucléaires de Møller-Rosenfeld ([2]); *c.* les fonctions d'onde du deutéron sont calculées selon la méthode de Kemmer ([3]) avec un potentiel d'interaction découlant du formalisme ci-dessus.

([1]) Corben Massey, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, 35, 1939, p. 84; Heitler, *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 529; Yukawa-Okayama, *Scie. Pap. Inst. Phys. and Chem. Res.*, Tokyo, 36, 1939, p. 385.

([2]) *Det. Kgl. Dansk. Vid. Selsk.*, XVII, fasc. 8, 1940.

([3]) *Helv. Phys. Acta*, 10, 1937, p. 47.

La partie radiale de la fonction d'onde du deutéron, dans l'état initial, a été donnée par Hulthén ([4]). Dans l'état final, dont l'énergie est pratiquement égale à la masse au repos du méson incident, les nucléons peuvent être regardés comme libres, ce qui simplifie les fonctions d'onde radiales, mais nécessite l'introduction des corrections de relativité.

On étudie d'abord le phénomène nucléaire pur, sans tenir compte du champ de Coulomb : la section efficace d'absorption d'un méson libre d'énergie cinétique E_π est ($m_0 c^2$-masse au repos de l'électron)

$$\Phi = \left\{ a\sqrt{\frac{E_\pi}{m_0 c^2}} + b\sqrt{\frac{m_0 c^2}{E_\pi}} \right\} 10^{-29}\ \text{cm}^2, \tag{1}$$

$a = 2,9$, $b = 7,4$ pour un méson pseudoscalaire,
$a = 0$, $b = 8,6$ » vectoriel longitudinal,
$a = 2,9$, $b = 8,6$ » » transversal.

L'influence du champ de Coulomb peut être estimée par la méthode d'Araki et Tomonaga ([5]). Pour un méson positif, la section efficace d'absorption devient négligeable et c'est la désintégration $\pi \to \mu$ qui a lieu. Pour un méson négatif la section efficace (1) est légèrement augmentée; mais on sait alors qu'on peut avoir une capture à partir d'une orbite stable (K en pratique). Le calcul donne pour la vie moyenne d'un méson π sur une couche K du deutéron

$$\tau_{ps} = 2.10^{-13}\ \text{sec}, \qquad \tau_v = 1,3.10^{-13}\ \text{sec}.$$

C'est pratiquement ce phénomène qui aura lieu, si toutefois le méson π est freiné assez vite, ce que l'on peut penser ([6]).

On ne peut exclure *a priori* la mésodésintégration due à une particule Π neutre, quoique ce dernier corpuscule paraisse sur le plan théorique très instable vis-à-vis de la décomposition en deux photons ([7]). Il faut mentionner que les calculs faits à ce propos ne sont pas absolument concluants puisqu'on a affaire à des intégrales divergentes qui nécessitent une coupure. Si le méson Π^0 est suffisamment stable, on peut penser que la mésodésintégration du deutéron est, *en principe*, un moyen pour mettre en évidence cette particule neutre. Expérimentalement on observerait dans ce phénomène un seul corpuscule ionisant, le proton projeté, dont l'énergie est de l'ordre de 75 Mev. Des processus parasites, comme les collisions $n - d$ fournissent aussi des protons projetés, mais la discrimination pourrait se faire à l'aide de sections efficaces différentielles $d\Phi(\theta)$ donnant les distributions angulaires. Le facteur

---

([4]) *Arkiv. f. Mat. Astr. och Fys.*, 28 A, fasc. 5, 1942; *ibid.*, 29 B, fasc. 1, 1942.
([5]) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 90.
([6]) Fermi, Teller et Weisskopf, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 314; Fermi, Teller, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 399.
([7]) Finkelstein, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 415.

d'asymétrie $d\Phi(\pi)/d\Phi(\pi/2)$ est compris entre 0,8 et 1,5 dans le cas de la mésodésintégration, tandis qu'il est vraisemblablement voisin de 3 pour les collisions $n-p$ ([8]). Notons enfin qu'il est difficile de conclure à partir d'expériences de ce type quant au spin du méson neutre incident.

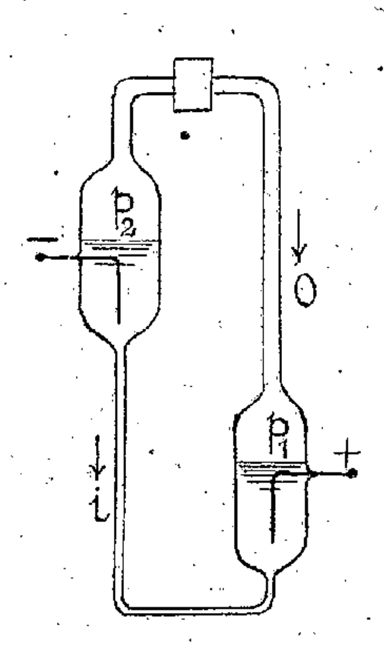
CHIMIE PHYSIQUE. — *La force électromotrice de la pile de concentration à oxygène et la thermodynamique.* Note (*) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

La formule, admise sans contestation, pour la force électromotrice d'une pile de concentration à oxygène, est

$$E = \frac{RT}{4} \ln \frac{C_1}{C_2} = \frac{RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2}, \tag{1}$$

C_1, C_2, p_1, p_2, concentrations du gaz aux électrodes et pressions extérieures respectives. La formule a été établie par la théorie cinétique de Nernst, fondée principalement sur deux hypothèses : celle de la pression de dissolution des métaux et celle de l'électrode gazeuse. Ces hypothèses peuvent ne pas correspondre à une réalité, mais la force électromotrice de la pile à oxygène peut être établie à l'aide des principes de la thermodynamique.

Considérons, en effet, une pareille pile (*fig.*), où la différence des pressions



du gaz, $p_1 - p_2$, est compensée par une différence de niveau. Laissons passer, à température constante, un coulomb avec un très faible courant, en recueillant l'énergie E, entièrement empruntée au milieu ambiant; en même temps un équivalent électrochimique d'oxygène de pression p_1 disparaît à l'électrode positive et apparaît, sous la pression p_2, à l'électrode négative.

Ramenons ensuite le système à l'état initial, en comprimant à température

([8]) Hadley, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1114.

(*) Séance du 27 septembre 1948.

constante, l'équivalent d'oxygène de la pression p_2 à p_1 et en dépensant le travail

$$\mathcal{E} = \frac{RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2},$$

entièrement transformé en chaleur cédée au milieu ambiant.

Suivant le second principe, on doit avoir nécessairement,

$$\text{(2)} \qquad E \leqq \mathcal{E} = \frac{RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

Car si E était plus grand que $\mathcal{E}$, on pourrait obtenir une énergie sans autre changement du système qu'un échange de chaleur avec le milieu ambiant.

L'expérience contredit les formules (1) et (2), en montrant que la force électromotrice mesurée, d'une pile à oxygène, est environ 6,3 fois plus grande que celle donnée par ces formules.

Deux éprouvettes de 3^{cm} diam. et 15^{cm} long., reliées à la partie inférieure par un tube capillaire, sont remplies d'une solution d'acide sulfurique. Les électrodes sont des spirales en fil de platine platiné de $0^{mm},4$. On fait barboter de l'air dans l'une des éprouvettes, de l'oxygène dans l'autre en la bouchant incomplètement, de façon à permettre la sortie du gaz tout en maintenant au-dessus de l'électrolyte la pression d'une atmosphère d'oxygène. On obtient ainsi une pile de concentration à oxygène, avec $p_1 = 1^{atm}$ et $p_2 = \frac{1}{4,8}$ atm (proportion de l'oxygène dans l'air), dont la force électromotrice suivant les formules (1) ou (2), devrait être

$$E \leqq \frac{0,025}{4} \ln 4,8 = 0,0098 \text{ V}.$$

En réalité on obtient, avec l'eau distillée et les solutions à 1% d'acide et 5% d'acide (en volumes), respectivement

$$0,066 \text{ V}; \quad 0,062 \text{ V}; \quad 0,062 \text{ V}.$$

Les mesures sont faites quand le barbotement a cessé (l'éprouvette à oxygène complètement fermée) et que la force électromotrice, après avoir monté de plus en plus lentement, arrive à une valeur stationnaire.

Les rapports entre les forces électromotrices mesurées et la force électromotrice théorique sont donc respectivement : 6,7; 6,3; 6,3.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles méthodes d'extraction des substances solides par les solvants.* Note (*) de M. **Léon Jacqué**, présentée par M. Pierre Jolibois.

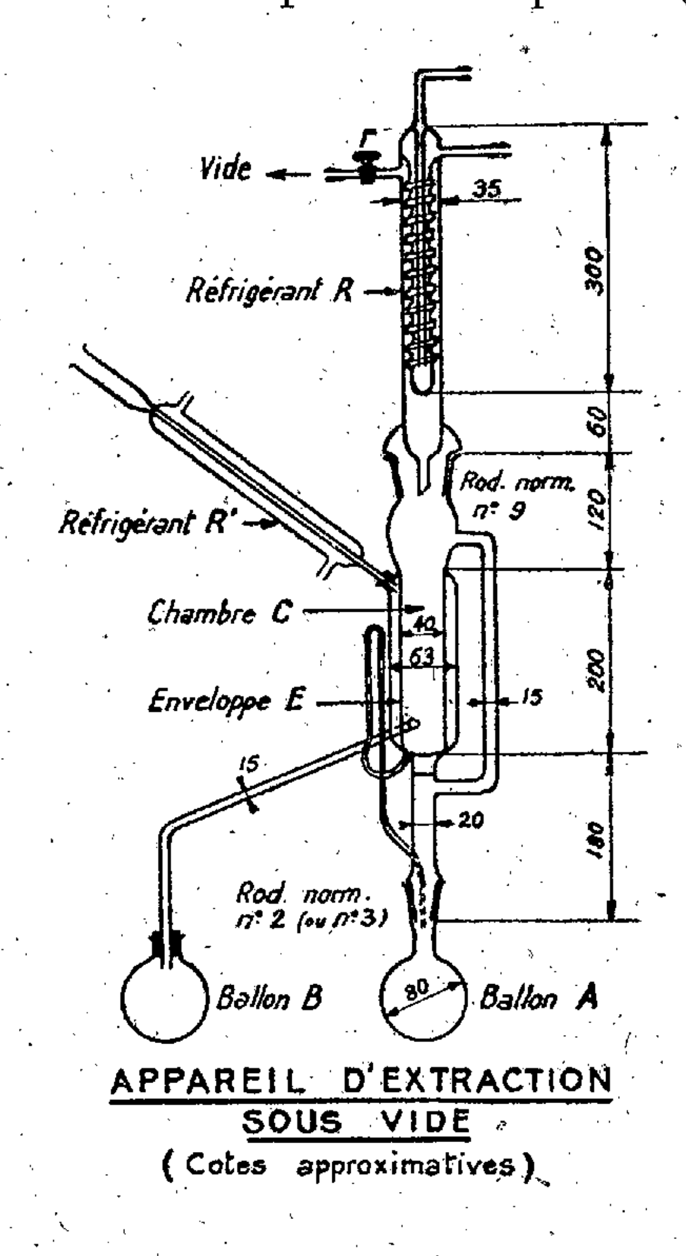
Au cours de recherches sur les constituants des résines phénoplastes, j'ai été conduit à apporter aux procédés classiques d'extraction plusieurs modifications, dont les buts essentiels sont d'éviter l'altération par la chaleur et

(*) Séance du 4 octobre 1948.

d'obtenir un fractionnement efficace et fidèle. Ces méthodes peuvent être généralisées pour d'autres substances thermiquement fragiles.

Le solvant sélectif approprié est employé à une température définie, inférieure à sa température d'ébullition sous la pression ordinaire et suffisamment basse pour éviter toute altération. L'appareil d'extraction fonctionne sous un vide réglé d'avance, de manière à ce que la température dans le bouilleur ne soit que très légèrement supérieure à la température d'extraction. Celle-ci peut être réglée à une valeur précise par condensation des vapeurs d'un liquide auxiliaire dans une double enveloppe entourant la chambre d'extraction; pour les applications industrielles, cette condensation pourra aussi se faire dans un faisceau tubulaire traversant la chambre. La température de condensation est déterminée par le choix du liquide auxiliaire et, si besoin est, par l'emploi du vide.

On pourra ainsi, dans bien des cas, éviter toute surchauffe de la substance traitée susceptible de l'altérer, tout en conservant une certaine latitude quant à la structure chimique des solvants mis en œuvre. On peut, en outre, éviter l'altération des substances traitées par l'atmosphère (oxydation), en faisant



APPAREIL D'EXTRACTION SOUS VIDE
(Cotes approximatives)

préalablement le vide dans l'appareil et en y admettant un gaz inerte jusqu'à la pression désirée.

La figure donne un exemple de réalisation de l'appareillage de laboratoire. Une étanchéité satisfaisante est obtenue en enduisant légèrement de

graphite (sans graisse), les deux rodages normalisés et le robinet r; ce dernier reste fermé dès que le vide est réglé à la valeur prévue.

Un dispositif simplifié consiste en un appareil de Kumagawa pouvant tenir le vide; le réglage de la température d'extraction y est moins précis.

Il est évidemment avantageux de traiter la substance à extraire sous forme assez divisée; lorsqu'elle est constituée d'éléments macromoléculaires donnant lieu, au contact des solvants, à un gonflement ou à une agglutination, on éprouve toutefois des difficultés, telles que la prise en masse de l'échantillon. Pour les éviter, j'ai eu recours à la méthode suivante, applicable lorsque la substance peut se dissoudre entièrement dans un solvant volatil; par l'intermédiaire de cette solution, on disperse la substance sur un support inerte, finement divisé; on évapore complètement le solvant auxiliaire et l'on applique l'extraction au support présentant à sa surface la substance active, sous forme d'une pellicule de très faible épaisseur.

Il va de soi que toutes ces opérations sont réalisées sans dépasser la température maximum admissible. Le choix et l'état de division du support sont déterminés par les propriétés d'adhérence de la pellicule à extraire, par l'épaisseur optimum de cette dernière, enfin par les conditions de mouillage du support ainsi chargé au contact des solvants d'extraction.

L'ensemble des méthodes décrites ci-dessus m'a permis de réaliser le fractionnement de différentes résines phénoplastes, en utilisant comme support des grains de verre siliceux ou de quartz de $0^{mm},2$ de dimensions moyennes (compris entre les tamis 50 et 100), chargés de 2 % de résine.

On peut estimer que, dans ce cas, un gramme de substance à traiter offre à l'action du solvant une surface de près d'un mètre carré, sous une épaisseur moyenne de l'ordre de 1 μ.

La durée d'extraction par chacun des solvants peut être réduite à quelques heures, sans que l'on ait à effectuer des broyages intermédiaires causant des pertes; le bilan des extraits séparés se trouve vérifié à moins de 1 % près et d'une manière suffisamment reproductible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissolution du soufre dans les solutions aqueuses de monosulfure de sodium.* Note (*) de Mme **Dora Peschanski**, transmise par M. Paul Pascal.

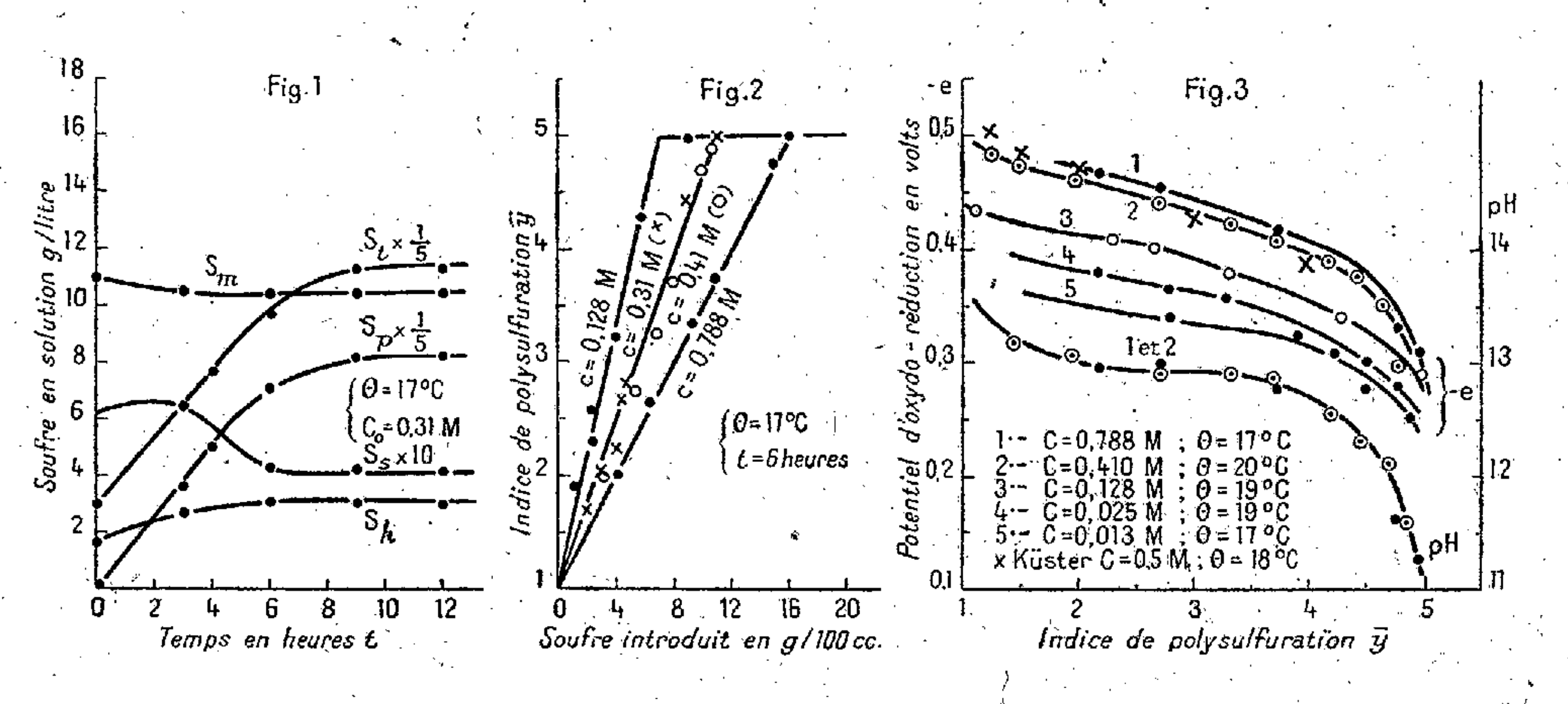
Afin de mettre au point une méthode de préparation de solutions de polysulfures de sodium $S_y Na_2$ d'indice moyen $\overline{y}$ donné, j'ai étudié la dissolution du soufre dans les solutions du sulfure, d'une part du point de vue cinétique, d'autre part en fonction de la composition, du pH, et du potentiel d'oxydo-

(*) Séance du 13 septembre 1948.

réduction des milieux obtenus. Les mesures expérimentales, déjà anciennes et d'ailleurs incomplètes, publiées sur ce sujet ([1]), m'ont en effet paru nécessiter une révision.

Du soufre trituré, dont les grains présentaient un diamètre de fréquence maximum d'environ 120$^{\mu}$ a été ajouté en proportions variables à des solutions dans l'eau bouillie, à la molarité initiale c_0, de sulfure de sodium cristallisé. On opère dans des flacons paraffinés soumis à une agitation mécanique régulière et permanente. Des prélèvements de 5$^{cm^3}$ ont été effectués à des temps connus (y compris l'instant zéro pour connaître la pureté du sel employé) et l'on a dosé ([2]) le soufre total S_t, le soufre de monosulfure S_m, le soufre de polysulfure S_p, le soufre d'hyposulfite S_h, le soufre de sulfhydrate S_s, en s'inspirant d'une méthode proposée par G. Valensi ([3]). J'ai fait varier la molarité c des ions $S_{\bar{y}}^{--}$ obtenus, depuis 0,013 jusqu'à 0,788.

La figure 1 exprime l'évolution chronométrique de divers constituants dosés



après filtration, dans le mélange de 200$^{cm^3}$ de solution primitive 0,31 M et de 20^g de soufre.

La dissolution est pratiquement terminée en 9 heures : tandis que la teneur en soufre de polysulfure augmente, celle du soufre de monosulfure diminue légèrement. En même temps, la proportion d'hyposulfite, dont le sulfure cristallisé employé n'est d'ailleurs pas absolument exempt, s'accroît, par suite d'une oxydation inévitable au cours des manipulations.

Les méthodes d'évaluation des auteurs précédents ([1]) (soufre de polysulfure obtenu soit

---

([1]) F. W. Küster, *Zeits. Elektr.*, **8**, 1902, p. 496; F. W. Küster et F. Heberlein, *Zeits. anorg. Chem.*, **43**, 1905, p. 53.

([2]) Les définitions de ces divers soufres ne correspondent pas aux états immédiats effectifs, indécelables analytiquement, mais à des conventions en général admises dans l'industrie des fongicides : S_m est le premier atome lié au sodium dans la formule moyenne $S_{\bar{y}}Na_2$, S_p se rapporte aux $\bar{y}-1$ autres; S_s se rapporte à l'ion SH^- en *sus de la fraction due à l'hydrolyse*, et résultant ordinairement de l'action du gaz carbonique de l'air.

([3]) *Bull. Soc. Chim.* (5), **12**, 1945, p. 642; *Chimie et Industrie*, **59**, 1948, p. 440.

par différence entre le soufre introduit et le soufre solide résiduel, soit par précipitation au moyen d'acide chlorhydrique) néglige ce phénomène parasite. Ainsi sans doute s'explique le fait qu'ils trouvent dans certains cas des indices $\bar{y}$ supérieurs à 5, que je n'ai pas observés.

La figure 2 traduit, pour diverses molarités, la relation à temps d'agitation constant (ici 6 heures) entre la teneur en soufre de polysulfure et le poids total de soufre solide introduit dans un même volume. Cette variation est sensiblement linéaire. La vitesse de dissolution augmente légèrement quand la concentration initiale diminue.

Les pH mesurés à l'électrode de verre et les potentiels d'oxydo-réduction, rapportés à l'électrode normale à hydrogène, des solutions finales réalisées, sont représentés sur la figure 3 en fonction de l'indice $\bar{y}$, pour diverses concentrations moyennes. La fidélité de ces mesures est de l'ordre de 2 millivolts, *si l'on opère rapidement*, précaution d'autant plus nécessaire que l'indice $\bar{y}$ est plus faible. Le pH est pratiquement indépendant de la molarité pour $0,4 < c < 0,8$ et subit un effet tampon notable pour $2 \leq \bar{y} \leq 4$. Il devient instable pour $c < 0,05$. Les potentiels d'oxydo-réduction obtenus diffèrent d'autre part de ceux de F. W. Küster (¹) pour $1 \leq \bar{y} \leq 2$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage pondéral du chrome (Étude des précipités à l'aide de la thermobalance de Chevenard).* Note de Mme **Thérèse Dupuis** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons fait une étude critique de toutes les méthodes d'analyse pondérale du chrome sous ses valences 3 et 6, en vue de fixer les meilleures conditions de calcination des précipités et d'examiner si certaines méthodes pouvaient convenir à des dosages automatiques, suivant la technique déjà donnée (¹).

1° Au cours du séchage ou de la calcination, il faut respecter les températures suivantes pour peser, d'une manière précise, les corps correspondants; les formes nouvelles proposées sont marquées d'un astérisque.

Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limite de temp. (°C.).	Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limite de temp. (°C.).
Ammoniaque (d'un sel chromique).....	Cr_2O_3	>812	Cyanate de potassium......	Cr_2O_3	>473
Ammoniaque (de l'acide chromique).....	Cr_2O_3	>188	Nitrite d'ammonium.......	Cr_2O_3	>880
Ammoniac (méthode de Trombe).	(*) $Cr(OH)_3$	440-475	Iodure-iodate de potassium.	Cr_2O_3	>850
» »	(*) Cr_2O_3	>845	Phosphate disodique.......	PO_4Cr	≥946
Aniline.....................	Cr_2O_3	>830	Nitrate d'argent...........	CrO_4Ag_2	92-812
Hydroxylamine...............	Cr_2O_3	>850	» mercureux........	(*) CrO_4Hg_2	52-256
Thiosemicarbazide...........	(*) $Cr_2O_3.H_2O$	380-410	» »	Cr_2O_3	>671
»	Cr_2O_3	>475	» de baryum.........	CrO_4Ba	< 60
Cyanate de potassium.........	(*) $Cr_2O_3.H_2O$	320-370	» de plomb..........	CrO_4Pb	91-904
			Hydroxy-8 quinoléine......	$(C_9H_6ON)_3Cr$	70-156
			» »	(*) Cr_2O_3	>500

(¹) Clément Duval, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1824 et 226, 1948, p. 1276 et 2727.

2° Au lieu de précipiter l'hydroxyde colloïdal de chrome par l'ammoniaque, en présence de sels ammoniacaux, nous avons, par application de la méthode classique de Trombe, envoyé un lent courant d'air froid chargé de gaz ammoniac dans une solution d'alun de chrome privée initialement de tout sel ammoniacal. L'hydroxyde chromique précipite dès le pH 5,5; on arrête quand le pH atteint la valeur 11, on filtre et on lave aussitôt. La courbe enregistrée sur le précipité formé, avec la thermobalance, indique un palier bien horizontal entre 440 et 475°, correspondant rigoureusement à l'hydroxyde $Cr(OH)_3$, obtenu ainsi à l'état de pureté.

3° Si, maintenant, on effectue la précipitation par la thiosemicarbazide ou par le cyanate de potassium, à l'ébullition, c'est l'hydrate $Cr_2O_3.H_2O$, correspondant aux chromites, que l'on obtient pur entre 380 et 410° (il n'avait été obtenu que sous pression jusqu'ici). Dès 475°, cet *acide chromeux* est transformé, par déshydratation, en trioxyde vert Cr_2O_3, tandis que la température moyenne de 840° (*voir* tableau ci-dessus) est nécessaire quand on part de l'hydroxyde chromique pur ou impur.

4° Le chromate d'argent est stable jusqu'à 812°; il est donc inutile de s'asteindre à le sécher à 135° comme on le propose dans les livres d'analyse. De 812 à 945°, il perd rigoureusement une molécule d'oxygène par molécule de chromate, abandonnant un mélange d'argent et de chromite, réaction nouvelle pouvant se formuler ainsi :

$$2\,CrO_4Ag_2 \rightarrow 2\,O_2 + 2\,Ag + Cr_2O_4Ag_2.$$

5° La précipitation du chrome en chromate mercureux, que l'on détruit par la chaleur pour effectuer la pesée en oxyde Cr_2O_3, est une excellente méthode analytique, restreinte naturellement, au cas où la liqueur initiale ne renferme que des chromates et des nitrates. Nous avons pensé qu'il était inutile d'employer cette méthode (dangereuse à cause du mercure dégagé) si l'on ne profitait pas de l'avantage du poids atomique élevé du mercure. En fait, la courbe tracée nous fait apparaître que le chromate mercureux, après séchage jusqu'à 52°, reste parfaitement stable jusqu'à 256°. Nous proposons donc de peser sous forme de chromate mercureux anhydre après séchage entre ces températures et d'appliquer la relation : poids de chrome = poids de précipité $\times$ 0,100; d'où l'intérêt particulier de ce procédé en microgravimétrie.

6° Certains auteurs proposent de calciner le chromate de baryum au rouge blanc, d'autres, de ne pas dépasser 180°. La courbe tracée pour ce corps nous montre qu'en toute rigueur, il ne conserve la formule CrO_4Ba que jusqu'à 60°. En continuant le chauffage jusqu'à 1015°, on aboutit à un mélange de chromate jaune et d'oxyde de chrome vert. La courbe présente deux paliers horizontaux bien reproductibles, mais ne correspondant à aucun composé défini. L'amplitude de ces variations est faible puisque la perte totale d'oxygène n'atteint pas 1 % à 1015°. Ainsi pour une prise d'essai de 1720^{mg} (choisie intentionnellement

forte), la perte est $18^{mg},1$ (accord complet entre l'enregistrement direct et la pesée sur la semi-micro-balance). Ces paliers, qui correspondent, selon nous, à des réactions d'équilibre, se manifestent, le premier, de 530 à 790°, le second à partir de 930°. Le chromate de strontium, qui ne présente pas de telles variations de poids par chauffage, serait préférable à celui de baryum.

7° Le chromate de plomb est stable jusqu'à 904°; il perd aussi de l'oxygène, mais, auparavant, et depuis 673°, il a gagné du poids très faiblement (1^{mg} sur 400^{mg}). C'est un fait que nous avons constaté souvent chez les métaux les plus divers : chaque fois qu'un corps doit perdre de l'oxygène, il commence par en emprunter à l'atmosphère, sans doute, pour donner un perdérivé instable, susceptible d'induire la réaction de destruction.

GÉOLOGIE. — *Sur une singularité isostatique en relation avec une fosse de sédimentation néogène dans le bassin du Hodna (Algérie).* Note de MM. **Jean Lagrula** et **Alexis Lambert**, présentée par M. Pierre Lejay.

En 1946 nous avons procédé à une étude du bassin du Hodna, associant étroitement les données de la géologie et celle de la gravimétrie. Les premiers résultats obtenus au moyen du gravimètre Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger mirent en évidence une zone d'anomalies de Bouguer fortement négatives, atteignant — 100 milligals [1]. Après avoir complété les mesures antérieures concernant les régions voisines, nous nous sommes trouvés en présence d'une singularité nettement localisée, dont l'allure a pu être précisée au cours d'une nouvelle campagne effectuée cette année.

Elle coïncide avec un bassin néogène qui occupe le secteur NE de la dépression hodnéenne. M. J. Savornin [2] avait donné de ce bassin la description suivante : les terrains tertiaires y sont représentés, à leur base, par des grès ou des calcaires burdigaliens; ces formations transgressives sur un matériel crétacique ou nummulitique, sont surmontées par des mares marines qui passent progressivement, à leur partie supérieure, à des dépôts lagunaires ou continentaux pontiens. Le bassin tertiaire est accidenté par des replis dont le plus apparent est le dôme elliptique du Chott el Hammam.

Nos observations géologiques viennent compléter celles de M. Savornin en ce qui concerne la puissance des terrains néogènes : leur épaisseur est comprise entre 3000 et 4000^{m}; il s'agit donc d'une véritable fosse de sédimentation. D'autre part, les anomalies de Bouguer viennent d'être complétées par le calcul de la compensation isostatique, conforme au schéma d'Airy. Les anomalies résiduelles (anomalies isostatiques) sont encore négatives, mais leur valeur maxi-

---

(1) Jean Lagrula, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 636.

(2) *Étude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien* (*Thèse*, Lyon) et *B. C. G. A.*, 2e série, n° 7.

mum, correspondant à la partie centrale du bassin néogène, est réduite à une valeur qui varie de — 36 à — 48 milligals pour des profondeurs de compensation comprises entre 30 et 60^{km}. Ces anomalies ont été calculées, d'après les tables de Heiskanen, pour une densité du sial uniforme et égale à 2,67. Or, si nous ne connaissons pas encore, par des mesures directes, la densité des terrains néogènes, nous avons, par analogie avec des terrains similaires, son ordre de grandeur. Nous pouvons adopter la valeur moyenne 2,17 ([3]).

En substituant cette valeur, pour ce qui concerne les formations néogènes à la valeur primitive 2,67, nous constatons que l'anomalie isostatique maximum est réduite de 36 à 45 milligals suivant que l'on assigne aux formations néogènes une puissance de 3000 à 4000^{m}. Nous avons affaire à des valeurs numériques (profondeur de compensation, densités, puissances) qui ne sont pas encore fixées avec précision. Aussi ne pouvons-nous pas calculer les anomalies isostatiques au milligal près. Mais ce qui est sûr, c'est que, à quelques milligals près, *l'épaisseur considérable des formations tertiaires de faible densité explique notre singularité isostatique.*

Cette conclusion est rendue encore plus nette par une mesure effectuée cette année sur le dôme du Chott el Hamman. L'anomalie gravimétrique de cette station est inférieure en valeur absolue, d'une quinzaine de milligals, à celle des stations voisines. Or, la série tertiaire s'y trouve amputée par l'érosion des formations pontiennes dont la puissance peut être évaluée à un millier de mètres.

Conclusions. — Nous avons mis en évidence une corrélation entre la singularité isostatique du bassin du Hodna et la puissance des formations néogènes. Compte tenu de la faible densité de ces dernières, les anomalies gravimétriques sont compatibles avec l'équilibre isostatique.

La fosse de sédimentation et sa périphérie constituent un domaine exceptionnellement favorable à une étude mixte de géologie et géophysique. Les méthodes de la prospection détaillée pourraient y être utilement mises en œuvre, en vue de déterminer les structures anticlinales analogues au dôme du Chott el Hamman et actuellement masquées par les formations quaternaires.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE. — *Sur la répartition géographique et la variation des anomalies de la pression barométrique.* Note de M. **Lucien Petitjean**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

J'ai exposé récemment ([1]) comment l'analyse synoptique des cartes successives d'anomalies de la pression moyenne annuelle fait apparaître une répar-

---

([3]) C. A. Heiland, *Geophysical exploration*, Prentice-hall, New-York.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1997.

tition régulière de ces anomalies, à l'intérieur de fuseaux d'une ouverture de 30 à 40° de longitude et avec changement de signe en passant d'un fuseau aux fuseaux contigus. Le signe reste le même, pour chaque fuseau, au cours d'intervalles d'une durée moyenne de douze mois et leur valeur absolue, dans la région centrale des domaines d'anomalies, est maximum au milieu de chacun de ces intervalles.

Une oscillation quasi stationnaire de la pression, d'une période moyenne de deux ans, peut être suivie au cours du temps en traçant des lignes de crêtes et de creux (lignes ventrales) qui présentent des sinuosités aux sommets desquelles se trouvent les centres des domaines d'anomalies. Il existe un double système de lignes ventrales : les lignes d'un premier réseau réunissent les centres d'anomalies dans le sens des parallèles et s'étagent en latitude tous les 15 à 20° en moyenne, tandis qu'un second réseau est constitué par des lignes en forme d'S qui relient les centres d'anomalies dans le sens des méridiens et sont distantes les unes des autres d'environ 30 à 40° de longitude.

Chacun des fuseaux où se trouvent les lignes de crête et de creux du second réseau d'oscillations est parcouru par une double série d'ondes progressant, dans la direction des méridiens, d'environ 15° à 20° de latitude par an : un premier train d'ondes, d'une période moyenne de douze mois, part des régions arctiques vers les régions tropicales pendant qu'un second train d'ondes se dirige en sens opposé. L'interférence d'ondes de même phase et de direction opposée a lieu dans la région centrale des domaines d'anomalies. De l'interférence d'ondes de phase et de direction opposées résulte la formation de plages d'anomalies dont le signe est le même que celui de l'onde de plus forte amplitude.

Le sens de propagation des trains d'onde s'inverse de part et d'autre de la région centrale des domaines d'anomalies et reste le même entre deux sommets consécutifs d'une ligne ventrale du premier réseau. Il en résulte que les deux portions de cette ligne situées respectivement à l'Ouest et à l'Est d'un centre d'anomalies se déplacent en sens opposé pour venir se substituer, du milieu d'un intervalle de douze mois au milieu de l'intervalle suivant (c'est-à-dire au cours d'une demi-période), aux portions correspondantes des lignes ventrales les plus proches qui courent, parallèlement à la ligne considérée, au Nord et au Sud de cette dernière.

A certaines époques, l'amplitude des ondes de pression arctiques, pour un fuseau déterminé, est toujours plus grande que celle des ondes de pression tropicales. Il s'ensuit, dans ce fuseau, un mouvement de translation vers le Sud des lignes ventrales du premier réseau d'oscillations. L'inverse se produit dans les fuseaux adjacents où l'amplitude des ondes de pression tropicales est alors supérieure à celle des ondes de pression arctiques.

D'une manière analogue, le déplacement des lignes ventrales du second réseau d'oscillations correspond à la propagation d'une double série d'ondes

dirigées en sens opposé et suivant les parallèles. Ces ondes parcourent, en moyenne, tous les douze mois, des arcs de parallèle de 30° à 40°. Comme pour le premier réseau, des interférences d'ondes de même phase et de direction opposée ont lieu dans la région centrale des domaines d'anomalies. A certaines époques, également, l'amplitude des ondes de direction Est-Ouest l'emporte sur celle des ondes de direction opposée, pour la partie des lignes ventrales qui relie deux centres d'anomalies Nord et Sud.

Application à la prévision à longue échéance. — Il est aisé de déterminer la trajectoire des centres d'anomalies d'après leur position sur les lignes ventrales et le déplacement de ces dernières. Cette détermination repose sur les deux règles fondamentales suivantes :

I. Un centre d'anomalies d'un signe déterminé et situé au sommet Nord d'une boucle d'une ligne ventrale du premier réseau d'oscillations vient se substituer, au bout de douze mois, au centre d'anomalies le plus proche et de signe opposé situé au sommet Sud d'une boucle, en se déplaçant vers le Nord-Ouest ou le Nord-Est, selon que la propagation des ondes de pression s'effectue vers le Nord, à l'Ouest ou à l'Est du premier centre d'anomalies. Et, d'une manière analogue :

II. Un centre d'anomalies d'un signe déterminé et situé au sommet Sud d'une boucle d'une ligne ventrale du premier réseau d'oscillations vient se substituer, au bout de douze mois, au centre d'anomalies le plus proche et de signe opposé situé au sommet Nord d'une boucle, en se déplaçant vers le Sud-Ouest ou le Sud-Est, selon que la propagation des ondes de pression s'effectue vers le Sud, à l'Ouest ou à l'Est du premier centre d'anomalies.

On suppose que la direction de propagation des ondes de pression demeure la même au cours des intervalles de douze mois considérés. La position des centres d'anomalies peut ainsi être prévue douze mois à l'avance, ce qui résout, du même coup, le problème de la future répartition de la pression moyenne annuelle et permet ainsi de localiser les régions à forte anomalie positive où la sécheresse est à redouter et les régions à forte anomalie négative où, au contraire, la pluviosité sera abondante.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'excitation des bandes de la molécule d'azote ionisée au crépuscule.* Note de M. **Maurice Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les observations poursuivies depuis août 1946 permettent de compléter et de préciser les résultats annoncés dans une Note précédente [1].

L'apparition des bandes négatives de l'azote au crépuscule peut être considérée comme un phénomène quotidien. Si l'on élimine en effet les clichés obtenus par

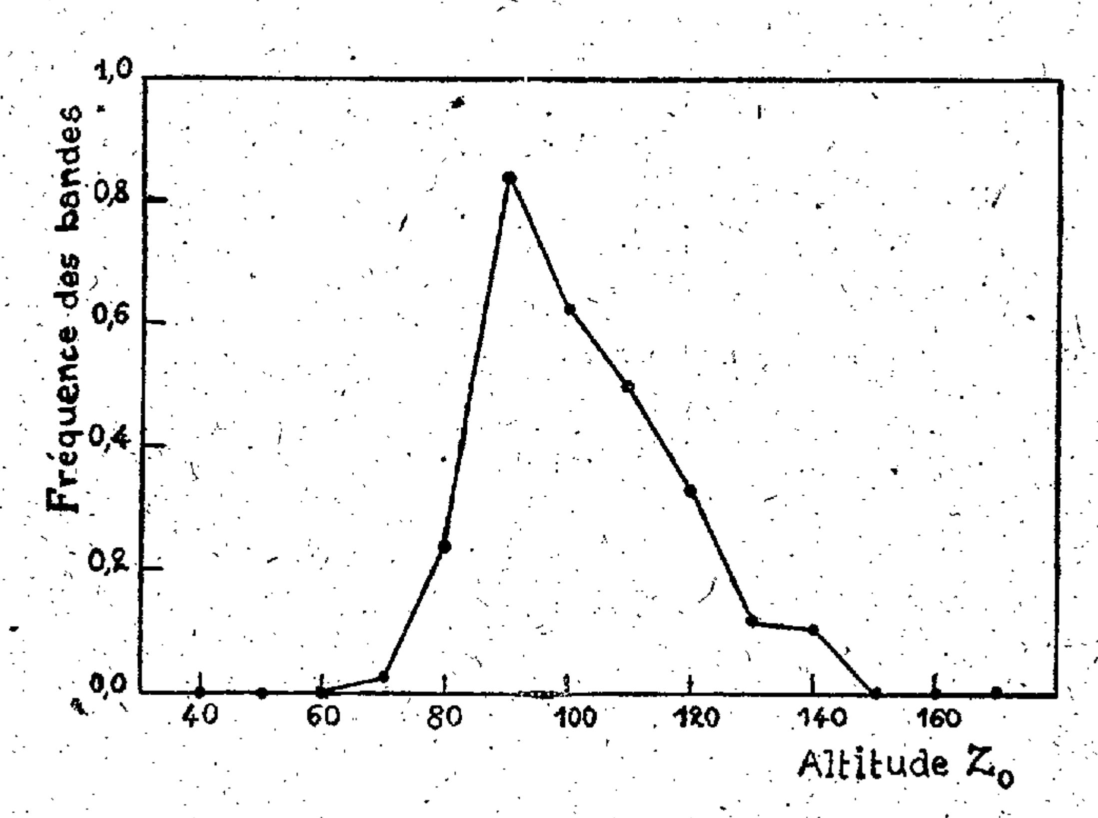
---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1834.

clair de Lune et par ciel nuageux ou brumeux, on constate que les bandes ont été enregistrées pendant 18 soirées sur 20 (soit dans 90 % des cas) avec les spectrographes de quartz et pendant 27 soirées sur 40 (67 % des cas) avec le spectrographe de verre, dont le gros prisme de flint dense absorbe fortement la bande 3914 Å. Les observations portent alors essentiellement sur la bande 4278 Å, environ 3 fois plus faible, et qui échappe plus facilement.

Les variations d'intensité déjà signalées d'un soir à l'autre ont été confirmées par des mesures spectrophotométriques. Il n'est pas rare qu'elles dépassent 30 %, à l'Observatoire de Haute-Provence, dans des conditions expérimentales rigoureusement identiques, par ciel également pur. On n'a jamais retrouvé une intensité aussi grande que pendant l'orage magnétique du 22 septembre 1946, mais, en plusieurs occasions, on a encore observé des bandes fortes quand l'agitation magnétique était prononcée (18 juillet 1947, 18 avril 1947, après l'aurore polaire du 17). Il est vrai que des bandes aussi fortes ont été photographiées en l'absence de toute perturbation [10 août 1947, 12 mars 1948 ([2])], de sorte que, dans l'ensemble, on ne trouve pas de corrélation marquée entre l'intensité des bandes et l'agitation magnétique.

Il est naturel d'admettre que l'émission se produit dans une région de l'atmosphère éclairée par le Soleil. L'altitude correspondante z est alors supérieure à l'altitude z_0 au-dessus de laquelle l'atmosphère est éclairée au début de la pose. Le graphique ci-joint, construit à l'aide de 232 spectro-



grammes, représente la fréquence de l'observation des bandes, pour des valeurs de z_0 échelonnées de 10 en 10^{km}. On voit que les bandes apparaissent pour une valeur assez bien définie de z_0, de l'ordre de 90 à 100^{km}. Les bandes

---

([2]) On peut être tenté de rapprocher ces derniers cas des averses météoriques : Perséides le 10 août, ζ Bootides du 10 au 12 mars.

photographiées dans quelques cas seulement pour $z_0 > 130^{km}$ sont toujours très faibles.

Tous ces clichés ont été pris le soir, en visant sensiblement dans l'azimut du Soleil couché, à une hauteur voisine de 15°. Quelques poses faites à l'aube, en visant vers l'Est, ont donné des résultats identiques. J'ai photographié aussi quelquefois les bandes au zénith (le soir et le matin), où elles sont plus faibles et plus fugitives, au moyen du spectrographe de quartz très lumineux d'Arnulf et Lyot ([3]). Elles apparaissent encore pour $z_0 \geq 100^{km}$. La combinaison des observations faites au zénith et près de l'horizon peut, en principe, conduire à déterminer l'altitude vraie de l'émission, mais la méthode manque vraiment de sensibilité et tout ce que l'on peut conclure des observations actuelles, c'est que l'émission se produit à une centaine de kilomètres au-dessus de la couche atmosphérique opaque aux radiations excitatrices, sous l'incidence rasante, sans qu'il soit possible d'évaluer l'épaisseur de cette *couche-écran*.

Dans l'hypothèse de la résonance optique, qui suppose l'existence préalable de molécules d'azote ionisées,

$$(1) \qquad N_2^+(X^2\Sigma) + h\nu \rightarrow N_2^+(B^2\Sigma),$$

la couche-écran aurait environ 15^{km} d'épaisseur et l'altitude vraie de l'émission serait celle de la région E. Mais, si l'excitation et l'ionisation sont provoquées directement, à partir du niveau normal de la molécule neutre

$$(2) \qquad N_2(X^1\Sigma) + h\nu \rightarrow N_2^+(B^2\Sigma) + e,$$

les radiations excitatrices, de longueurs d'onde inférieures à 660 Å, ne peuvent pénétrer profondément dans l'atmosphère. La couche-écran aurait au moins 150^{km} d'épaisseur et l'émission pourrait se produire dans la région F. [Un mécanisme semblable, à partir des molécules métastables $N_2(A^3\Sigma)$, exigerait seulement des radiations de longueurs d'onde inférieures à 1000 Å.]

R. Bates ([4]) a étudié théoriquement les deux mécanismes précédents et conclu formellement en faveur du premier. Il a trouvé en effet que, même si les ions étaient produits par (2), le mécanisme (1) se montrerait ensuite de beaucoup le plus efficace. Il est donc probable que l'émission a lieu, par résonance optique, dans la région E de l'ionosphère. La faible dispersion des spectrographes que j'ai utilisés ne permet malheureusement pas de voir si le contour des bandes est altéré par la présence des raies de Fraunhofer.

([3]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1480.

([4]) Communication privée.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Interprétation du cerveau de l'*Oreodon.

Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le moule endocrânien de certains Mammifères disparus est si bien conservé que les hémisphères cérébraux de ces animaux nous sont connus presque aussi parfaitement que ceux des formes actuelles, à l'exception, toutefois, de leur face interne.

L'*Oreodon*, de l'Oligocène nord-américain, avait été examiné, autrefois, au point de vue cérébral, par P. Gratiolet et J. Leidy, puis décrit en détail, par D. Black, en 1920, et, enfin, mentionné par R. L. Moodie, en 1922. Grâce à M. le Professeur D. M. S. Watson, j'ai eu l'occasion d'étudier à nouveau et d'interpréter, à l'Université de Londres, le moule endocrânien de cet Ongulé sélénodonte primitif.

Le télencéphale, sur lequel les bulbes olfactifs n'ont pas été conservés, est remarquable par sa hauteur et, surtout, sa largeur, exceptionnelles pour un Ruminant. En voici les indices :

$$I_1 = \frac{H \times 100}{L} = 66,6,$$

$$I_2 = \frac{L_a \times 100}{L} = 104,6.$$

Le rhinencéphale est plus développé que celui des Ruminants actuels, même les plus archaïques, les Tragulidés. Il est séparé du *neopallium* par une scissure rhinale qui, dans son ensemble, forme, vers le bas, un angle très ouvert, de 145° environ. Les tubercules olfactifs sont particulièrement volumineux.

Sur le *neopallium*, bien qu'on ne voie pas de complexe sylvien, il y a tout lieu de penser que, vers l'intérieur, au niveau de la scissure rhinale, existait une région operculisée correspondant à la totalité du *gyrus arcuatus* I, de même que chez les Tragulidés, alors que la partie antéro-inférieure de ce *gyrus* demeure superficielle chez les Cervicornes et les Cavicornes.

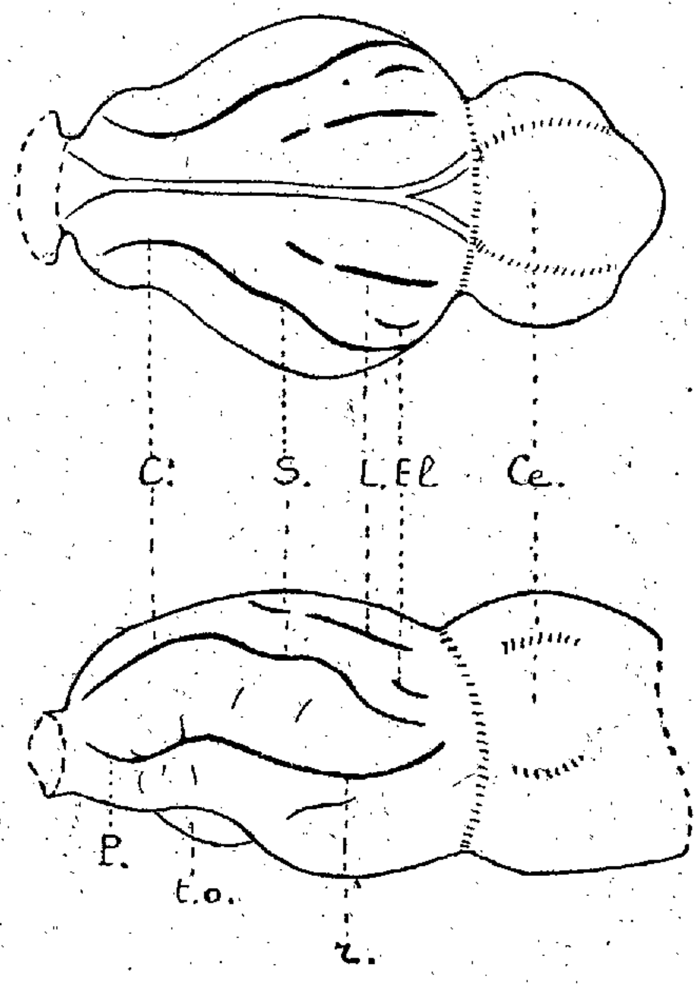
La *præsylvia* semble faire suite, en avant, à la scissure rhinale. Le premier grand sillon que l'on rencontre, sur le *neopallium*, en remontant à partir de la scissure rhinale, est la *suprasylvia* qui, allongée, sinueuse, se prolonge antérieurement par le coronal, disposition caractéristique du cerveau des Sélénodontes. Le latéral, presque rectiligne, est divisé en deux parties.

Quoique le *gyrus arcuatus* II soit très large, il ne présente pas trace des sillons δ et γ, si constants chez les Artiodactyles actuels, mais seulement de légers sillons radiaires [1]. Par contre, au niveau du *gyrus arcuatus* III, existe un ectolatéral, court et très net.

Le splénial, sillon de la face interne des hémisphères, n'est pas visible sur la

(1) Plusieurs de ces sillons, accentués sur le dessin de D. Black, pouvaient être interprétés comme une *præsylvia*, un complexe sylvien et un sillon δ (M. Friant, 1939), ce qui n'est cependant pas le cas.

face supérieure, alors qu'il empiète largement sur cette face chez beaucoup de Ruminants : Tragule, Céphalophe, etc.



Moule endocrânien naturel d'*Oreodon* (*Merycoidodon* sp.) *Oreodontidæ*. Oligocène des Oreodon Beds, U. S. A. — Collection de M. le Professeur D. M. S. Watson, University College, Londres. — *En haut :* face supérieure de l'encéphale. *En bas :* face latérale gauche. — Cervelet Ce. Télencéphale : to., tubercule olfactif; r., scissure rhinale; P., *præsylvia*; S., *suprasylvia*; C., coronal; L., latéral; El., ectolatéral. — Dimensions réelles du télencéphale : L. = 42mm,5; La. = 44mm,5; H. = 28mm,4. 3/4 de grandeur naturelle, environ.

En somme, cette étude montre que le cerveau de l'*Oreodon*, bien que typiquement celui d'un Sélénodonte, par la position du coronal dans le prolongement direct de la *suprasylvia*, est encore très primitif par sa hauteur et sa largeur considérables, l'operculisation totale du *gyrus arcuatus* I, l'absence des sillons δ et γ. La morphologie du cerveau vient donc s'ajouter à ce que nous connaissions déjà des extrémités et de la dentition pour faire de l'*Oreodon* un Ruminant très archaïque.

Par contre, chez le *Cænotherium* d'Europe (Eocène supérieur, Oligocène et Miocène inférieur), plus évolué que l'*Oreodon*, quant à son ostéologie et à sa morphologie dentaire, le cerveau est déjà celui d'un véritable Ruminant par sa forme étroite et surbaissée, de même que par la présence du sillon δ (R. Anthony et M. Friant, 1938).

BIOLOGIE. — *La* sociotomie, *mode de fondation de sociétés nouvelles chez les Termites.* Note (*) de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Actuellement, on admet que les nouvelles sociétés de Termites sont fondées, soit par un couple d'Insectes parfaits qui ont participé à l'essaimage

(*) Séance du 4 octobre 1948.

et ont perdu leurs ailes par autotomie, lors de la pariade, soit par un groupe d'individus qui, sans effectuer de déplacement notable, s'isole plus ou moins de la société mère et acquiert, toujours par néoténie, un ou plusieurs couples de reproducteurs (*bouturage*). Ce deuxième mode n'est connu en toute certitude que chez les *Reticulitermes*.

Nous avons découvert un troisième mode de fondation, jusqu'ici insoupçonné, que pratiquent, en Afrique Équatoriale, les *Anoplotermes* et les *Trinervitermes*. Le cas des premiers étant le plus simple sera seul exposé ici.

Tout d'abord, rappelons que les *Anoplotermes* se nourrissent d'humus, mènent une vie souterraine et ne s'exposent normalement ni à l'air libre, ni à la lumière. Seuls parmi les Isoptères, ils ne possèdent pas de soldats.

Sous l'empire de circonstances qui restent à déterminer, les ouvriers creusent une galerie qui débouche à l'extérieur et par laquelle, hors du nid hypogé, s'échappe un flot de Termites. Ceux-ci s'organisent en une colonne longue de 2 à $2^{m}50$, large de 4 à 8^{cm}. Ils marchent côte à côte, parallèlement les uns aux autres.

Les émigrants appartiennent à toutes les castes de la population : les ouvriers dominent, mais les larves sont abondantes. Seules les larves âgées se déplacent par elles-mêmes; toutes les autres sont portées par les ouvriers, qui les saisissent entre leurs mandibules. Nombreux sont les ouvriers qui tiennent un œuf entre leurs pièces buccales.

Le couple royal participe à l'exode. La reine, vieille de plusieurs années, comme l'atteste son obésité (3^{cm} de long), suit, sans peine au départ, la colonne qui marche à bonne allure. Elle se meut avec ses pattes et plus encore grâce aux mouvements péristaltiques et vermoïdes de son abdomen. Au bout de deux heures environ, elle donne des signes de fatigue et s'arrête souvent. Elle ne sert pas de conductrice aux pérégrinants et se tient à distance de la tête de la colonne. Des ouvriers sont juchés sur elle; d'autres, pendant les arrêts, la lèchent avec frénésie. Le roi, très agile, change à tout instant de position au sein de la bande.

Plusieurs ouvriers, au cours de l'exode, affectent un comportement de soldats : ils se placent de part et d'autre de la colonne, en flanc-gardes, la tête tournée vers l'extérieur, avec une attitude menaçante.

La conduite de tous les individus est profondément modifiée aussi longtemps que dure la migration. Ainsi, chez les *Trinervitermes*, des ailés participent à l'exode, sans manifester de phototaxie positive et sans prendre le vol à aucun moment [1].

La colonne décrit des méandres, oscille de droite à gauche, change souvent de direction. Au bout de peu de temps, elle se scinde en plusieurs tronçons, un avec la reine, un autre avec le roi, etc. Chaque bande poursuit isolément sa marche tâtonnante et peut subir, à son tour, une scission.

---

[1] Des Lépismes termitophiles accompagnaient les colonnes d'*Anoplotermes*.

Les petites colonnes secondaires, après une pérégrination qui dure au minimum deux heures, s'arrêtent, et forment des rassemblements où les individus se pressent les uns contre les autres. Les arrêts se produisent au niveau de petits accidents du sol, ornière étroite, crevasse, etc. Les ouvriers creusent un puits dans la terre : en peu de temps le groupe entier se fraie un chemin souterrain et disparaît.

Nous nommons *sociotomie* cet étrange comportement qui aboutit à la fragmentation de la société.

Par l'élevage, nous avons pu connaître la destinée des groupes isolés : ils prospèrent et constituent de petites sociétés.

Avant de conclure, nous appellerons l'attention sur le fait : 1° que l'exode n'est pas la conséquence d'une attaque du nid par des ennemis (notamment par des Fourmis); 2° que la migration peut se faire par vagues successives, la première étant la plus importante et comprenant le couple royal, les suivantes, beaucoup plus faibles, avec seulement quelques centaines de participants.

Il nous a paru que la termitière ne se vide pas entièrement de sa population; le nombre des émigrants est assurément inférieur à la totalité des habitants du nid.

Notons enfin que les émigrants sont en bonne santé, comme le montrent les élevages entretenus avec eux.

L'observation répétée de ces phénomènes nous permet d'assurer qu'ils correspondent à une activité normale de la société.

Les faits exposés ci-dessus établissent que, dans certaines conditions, une partie de la population, avec le couple royal, abandonne la termitière, en emportant des œufs et du couvain; que la colonne des émigrants se fragmente et que chaque fraction devient le point de départ d'une nouvelle société ayant pour reproducteurs, soit les sexués imaginaux originaires de la termitière souche, soit des sexués néoténiques.

Par conséquent, la sociotomie assure une large et rapide multiplication de la société, selon une pratique bien différente de l'essaimage et du bouturage.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Augmentation de la vitesse d'extension de cultures de tissus irradiées par des micro-ondes* (longueur d'onde 21^{cm}). Note (*) de MM. **Luc de Séguin**, **Etienne Lasfargues** et M[lle] **Monique Pelletier**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Méthode. — I. L'expérimentation porte sur des cultures de cœur d'embryon de poulet, au début et après repiquages, préparées en goutte pendante, entre lame et lamelle, dans les conditions habituelles (une goutte de plasma de cobaye et une goutte d'extrait de rate de cobaye).

a. Dans chaque série, des cultures sont exposées, dans l'heure qui suit leur préparation, à des champs électromagnétiques de longueur d'onde 21^{cm}

(*) Séance du 27 septembre 1948.

et de puissance allant jusqu'à 200 W, pendant des temps allant de une à trois minutes.

b. Dans certaines séries, on prépare des *témoins-chauffages* en plaçant sur la lamelle de la préparation un cylindre métallique maintenu à température constante par une résistance chauffante, ou à l'aide d'un courant d'air chaud, de façon à amener, dans le même temps, la goutte du milieu nutritif à la température atteinte par la goutte de la préparation irradiée dont elle est le témoin.

c. Les préparations témoins subissent toutes les manipulations à l'exception de l'irradiation ou du chauffage.

Les cultures sont placées à l'étuve à 37°. Les cultures de cœur d'embryon de poulet atteignent leur développement maximum vers la 72e heure. Elles sont retirées de l'étuve entre la 40e et la 48e heure. Les aires de croissances sont dessinées sur papier, à la chambre claire, découpées et pesées. Les poids sont en relation avec l'importance de la croissance.

II. La même méthode est employée pour la rate de cobaye au début; les lames sont laissées dix-huit heures à l'étuve. L'intérêt théorique est moindre ici, puisqu'il s'agit surtout de migrations, et non de multiplications cellulaires.

Quelques résultats expérimentaux. — On a pris dans chaque série l'aire moyenne des croissances des témoins égale à 100.

	Rate de cobaye	
	Témoins 8 fragments.	Irradiés 6 fragments.
Poids moyen d'un fragment.	100	153

	Rate de cobaye	
	Témoins 8 fragments.	Irradiés 12 fragments.
Poids moyen d'un fragment.	100	255

	Embryon de poulet repiquage	
	Témoins 7 fragments.	Irradiés 6 fragments.
Poids moyen d'un fragment.	100	255,1

	Embryon de poulet		
	Témoins 10 fragments.	Irradiés 10 fragments.	Chauffés 10 fragments.
Poids moyen d'un fragment.	100	491,8	196

T

CL

K

Cœur d'embryon de poulet. Les zones noires représentent les aires de croissance. La rangée supérieure est constituée par les aires de croissance des témoins. La seconde rangée est constituée par les préparations chauffées. La rangée inférieure est constituée par les préparations irradiées.

Résultats. — Si les irradiations amènent la goutte du milieu nutritif à une température incompatible avec la survie des fragments de tissus, on observe les mêmes modifications que pour la chaleur.

Pour des irradiations plus faibles nous n'avons pas observé de modifications de la morphologie cellulaire, mais une très nette augmentation de la vitesse d'extension des cultures qu'on ne reproduit pas en portant les cultures à la même température par un moyen habituel de chauffage.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Inhibition de la photonégativité par le dressage, chez* Blattella. Note (*) de M. MICHEL GOUSTARD, présentée par M. Émile Roubaud.

Comme l'a montré Chauvin ([1]), *Blattella* peut être aisément dressée à parcourir un labyrinthe simple et vivement éclairé, à l'extrémité duquel elle peut se réfugier dans un abri obscur. En effet, les *Blattes* étant fortement négatives, il paraît logique de les soumettre à l'action d'une source lumineuse qui fournit une partie de la motivation du dressage; nous allons voir toutefois que, dans certaines circonstances, le sens de la réaction à la lumière peut être en quelque sorte inversé. Dans les expériences de Chauvin, la source, une ampoule de 200 watts, était placée au-dessus de la zone médiane du labyrinthe, constitué par des lames métalliques en forme de T, disposées les unes à la suite des autres suivant différentes positions; j'ai donné au labyrinthe, au cours des expériences dont l'exposé va suivre, la forme d'une allée centrale, portant, de chaque côté, cinq branches opposées deux à deux. Mais, au lieu de placer la lampe au-dessus de la zone médiane, je l'ai décalée latéralement, en la disposant au-dessus non plus de l'allée centrale, mais des branches latérales. On n'observe alors qu'une inhibition de l'apprentissage, *lorsque la lampe se trouve non loin de la zone médiane*. Les résultats deviennent un peu moins mauvais *à mesure que la lampe se rapproche de l'extrémité du labyrinthe opposée au point de départ*; à cette extrémité se trouve l'abri, au bout d'une branche latérale. *Lorsqu'on place la lampe juste au-dessus de l'abri*, l'apprentissage devient subitement très aisé, avec décroissance très régulière du nombre des erreurs au fur et à mesure des essais, et les résultats sont même bien supérieurs à ceux qu'obtenait Chauvin, avec l'ampoule au milieu du labyrinthe.

Ce résultat peut paraître paradoxal, puisque, dans ces conditions, la Blatte photonégative ne cesse de se rapprocher de la source pendant tout le parcours. Nous avons tenté de l'expliquer en invoquant l'hypothèse suivante : *la présence de la lampe serait visuellement associée par la Blatte à celle de l'abri.* Cette hypothèse s'appuie sur les arguments suivants :

1° Les expériences de Hulló ([2]) démontrent l'inhibition du dressage

(*) Séance du 11 octobre 1948.

([1]) *Bulletin biologique*, 8, 1947, fasc. I-II, p. 92-128.

([2]) Travail en cours de parution dans *Behaviour*.

lorsqu'on déplace la lampe au cours de l'apprentissage (rappelons que nous ne la déplacions nous-même qu'au bout d'une série d'expériences, mais qu'elle restait fixe pendant toute la série). La Blatte peut donc percevoir l'emplacement de cette source.

2° Lorsque nous disposons au-dessus du labyrinthe une grande cuve à eau transparente, toujours avec la source au-dessus de l'abri, il n'y a pas de perturbation sensible par rapport aux résultats précédents. Le repérage de la source paraît donc dû aux excitations lumineuses, à *l'exclusion des calorifiques.*

3° Le *vernissage des yeux* produit (toujours avec la lampe au-dessus de l'abri) une inhibition totale de l'apprentissage; il est intéressant de noter que Chauvin, vernissant les yeux de ses sujets, n'obtient, au contraire, avec la lampe au-dessus de la zone médiane du labyrinthe, qu'une perturbation insignifiante; le sens de la vue peut donc être utilisé ou non par *Blattella,* suivant la place de la source lumineuse.

4° Il faut ajouter quelques remarques complémentaires. L'échec du dressage que j'ai provoqué par vernissage des yeux seuls, à l'exclusion des ocelles, prouve que ces derniers organes ne peuvent suffire au repérage visuel, ainsi qu'il arrive chez d'autres insectes, comme les chenilles. Il vient aussi à l'appui de la théorie de Viaud ([3]) qui attribue le repérage dans le phototropisme à la vue, alors que le sens de la réaction, positive ou négative, serait dû, d'après lui, à la sensibilité dermatoptique (qu'il vaudrait mieux appeler extra-oculaire pour ne pas préjuger du rôle du tégument dont nous ne savons rien).

Lorsque nous vernissons les yeux de nos sujets, l'impulsion photonégative, qui ne dépend pas des yeux, reste seule, et les échecs s'expliquent tout naturellement par le fait que l'animal doit se rapprocher sans cesse de la source pour atteindre l'abri. Mais dans les conditions habituelles, la lampe acquiert une valeur de signal qui surpasse l'impulsion photonégative. Cette signalisation est assez précieuse; elle se rapporte, semble-t-il, à l'abri lui-même, et non pas à la zone du labyrinthe où se trouve l'abri; en effet, si nous disposons l'ampoule, non plus au-dessus de l'abri, mais au-dessus de l'extrémité de la branche latérale qui lui est opposée, dans la même zone du labyrinthe, nous obtenons l'inhibition du dressage, comme si la photonégativité jouait seule. Szymanski ([4]), Turner ([5]), Hunter ([6]), Minami et Dallenbach ([7]), avaient déjà montré que les Blattes pouvaient être dressées à éviter un abri obscur lorsqu'elles y avaient reçu une secousse électrique; ils obtenaient une inversion de la photonégativité, et nous arrivons, par une autre technique, à mettre en évidence un phénomène du même ordre.

([3]) *Le phototropisme animal,* 1939 (Publ. Fac. Lettres Strasbourg).
([4]) *J. anim. behav.,* 2, 1912, p. 81-90.
([5]) *Biol. Bull.,* 23, 1912, p. 371-386.
([6]) *J. Genet. Psych.,* 41, 1932, p. 253.
([7]) *Americ. Jour. of Psychol.,* 59, 1946, p. 1-56.

PATHOLOGIE. — *La pneumopathie du Cobaye est transmissible à l'Homme et à certains animaux sous forme inapparente.* Note (*) de MM. **Georges Blanc, Jean Bruneau** et **Louis-André Martin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié le comportement du virus de la pneumopathie du Cobaye chez divers arthropodes hématophages; nous présentons ici son comportement chez l'Homme et chez quelques vertébrés, mammifères et oiseaux.

Le Virus. — Rapporté de Paris, sous forme d'une rate de cobaye inoculé de virus de Q. fever d'origine australienne (2). Les passages au cobaye ont rapidement fait apparaître le virus de pneumopathie que nous identifions à celui qu'ont décrit P. Lepine et V. Sautter (3). Ce virus donne au cobaye les lésions décrites de façon précise par ces auteurs; il tue toujours le cobaye en douze jours environ. Cultivé sur œufs embryonnés, nous avons constaté qu'il traverse les bougies L1 à L5, est arrêté par L9 et n'est pas retenu par les membranes gradocol de $0^{\mu},350$, mais ne traverse pas celles de $0^{\mu},200$.

Comportement chez l'homme et les animaux autres que le cobaye. — L'homme, le macaque (*Macaca sylvanus*), le chien, le lapin, l'âne, la chèvre, le chameau, font une infection strictement inapparente avec présence du virus dans le sang puis état d'immunité et apparition d'anticorps dans le sérum; les oiseaux, coqs et pigeons, ne s'infectent pas.

Présence du virus dans le sang. — Chez l'homme (5 sujets), nous avons isolé le virus du sang par passage au cobaye, du 5e au 15e jour après l'inoculation; chez le macaque (1 sujet) du 8e au 25e jour; chez le chien (3 sujets) du 4e au 20e jour; chez le lapin (15 sujets) du 5e au 18e jour de façon quasi constante: 22 résultats positifs sur 24, au 20e jour, trois fois sur cinq, un résultat positif au 28e et un au 35e jour; chez l'âne (1 sujet) du 7e au 11e jour; chez le chevreau (4 sujets) du 7e au 14e jour; chez le chameau (1 sujet) du 6e au 13e jour.

Immunité. — L'homme ou les animaux réinoculés avec le virus de la pneumopathie du cobaye après disparition du virus de leur sang ne se réinfectent pas. Deux hommes ont présenté, après une première inoculation, le virus dans le sang du 5e au 11e et du 5e au 15e jour. Réinoculés 35 jours après la première inoculation, aucun d'eux ne se réinfecte. La recherche de virus du

(*) Séance du 27 septembre 1948.

(1) G. Blanc et J. Bruneau, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 375.

(2) Comme virus supposé de Q. fever nous l'avons utilisé avec d'autres souches de cette Rickettsia au cours de recherches que nous avons exposées à l'Académie de Médecine (*Comptes rendus*, **132**, 1948, p. 243.)

C'est ainsi que nous avons constaté sa parfaite innocuité pour l'homme.

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, **71**, 1945, p. 102.

3e au 15e jour reste négative. Trois lapins inoculés ont du virus dans le sang du 5e au 20e jour après l'inoculation; ils sont réinoculés respectivement deux 39 jours et le troisième 41 jours après la première inoculation. Le sang examiné du 10e au 20e jour reste non virulent.

Détection d'anticorps par le sérotest de protection. — Cette recherche est délicate car le cobaye est un test d'une telle sensibilité au virus de la pneumopathie que la moindre quantité de virus non neutralisée donne à l'animal une infection le plus souvent mortelle. Cependant il arrive que le début de la maladie soit retardé et quelquefois très retardé; l'animal peut même survivre à l'inoculation et dans ce cas présente une immunité parfaite à l'inoculation d'épreuve.

En rechargeant un animal à plusieurs reprises avec de fortes doses de virus on peut obtenir un sérum donnant un test de protection meilleur. Cette technique a été utilisée sur l'âne qui a reçu sans réagir de fortes doses par voie intraveineuse et dont le sérum a une nette action neutralisante.

En résumé. — Le virus de la pneumopathie du cobaye réalise l'infection inapparente chez l'homme et divers animaux; grâce à la sensibilité exquise du cobaye cette constatation est facile.

Il est probable que bien des infections de l'homme ou des animaux existent, en dehors de l'espèce sensible, sous forme inapparente chez d'autres espèces animales. Il peut arriver aussi que certaines infections en changeant d'hôte acquièrent des propriétés nouvelles qui les rendent difficiles à interpréter. Nous avons décrit une de ces formes *voilées* dans la poliomyélite du lapin (1).

Il ne s'agit plus seulement en médecine expérimentale de rechercher sur l'animal en expérience le seul type clinique de la maladie humaine, il faut aussi rechercher un type infectieux modifié et même la simple infection inapparente.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

R. C.

---

(1) G. Blanc et L.-A. Martin, *Comptes rendus*, 1948, **227**, p. 242.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 OCTOBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 novembre au lieu du lundi 1er. D'autre part, à titre exceptionnel, la séance sera ouverte à 16h, au lieu de 15h, afin que les Membres de l'Académie qui le désireraient puissent assister à la séance annuelle des prix de l'Académie des Beaux-Arts.

M. **Albert Pérard** fait connaître à l'Académie les principaux résultats de la 9e Conférence Générale des Poids et Mesures, qui vient de tenir sa session du 12 au 21 octobre; le Comité International, qui avait mission de la préparer et de la conseiller, s'est réuni du 5 au 22 octobre.

La Conférence était présidée statutairement par le Président de l'Académie des Sciences, M. Henri Villat; pour certaines séances, la présidence a été assurée par le chef de la délégation française, M. Louis de Broglie. Sur les 33 états signataires de la Convention du Mètre, 28 Gouvernements avaient envoyé des délégués plénipotentiaires, au nombre de 55; le membre allemand du Comité International, membre de droit de la Conférence, était également présent. Accueillie à sa séance inaugurale dans le grand Salon de l'Horloge par le Ministre des Affaires Étrangères en personne, la Conférence a tenu ensuite quatre séances de travail au Pavillon de Breteuil.

Conformément à une obligation traditionnelle de pure forme, elle a d'abord sanctionné les plus importantes opérations métrologiques qui ont été exécutées depuis 1933, date de la précédente session: dernières déterminations de la première vérification des Mètres prototypes nationaux, et opérations en cours de la deuxième vérification des Kilogrammes nationaux.

A la présentation des expériences préparées pour la mesure absolue de l'accélération de la pesanteur, elle a marqué son vif intérêt par une Résolution spéciale. Elle a reçu le compte rendu des études faites et à faire sur les raies spectrales simples d'éléments qu'on pourrait appeler monobares : le mer-

cure 198, issu de l'or bombardé par des neutrons, et les kryptons 84 et 86, respectivement épurés de leurs isotopes, raies dont les longueurs d'onde sont susceptibles de constituer, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'étalon international de longueur.

Le changement dans les définitions des unités électriques et photométriques, pour lequel la Conférence précédente avait donné tous pouvoirs au Comité, et réalisé par celui-ci au 1[er] janvier 1948, a été formellement confirmé.

Sur plusieurs points, la Conférence a apporté son accord officiel à des Résolutions que l'Union Internationale de Physique avait prises au mois de juillet, modifiant légèrement certaines des propositions du Comité Consultatif de Thermométrie et Calorimétrie du mois de mai : échelle thermométrique à un seul point fixe en dehors du zéro absolu, ce point fixe étant le point triple de l'eau; constitution du joule comme unité de chaleur; noms et symboles des principales unités; manière d'écrire les nombres sans rien entre les tranches de trois chiffres qu'un simple intervalle. Répondant encore à l'appel de cette Union, elle a chargé son Comité d'ouvrir une enquête officielle sur la possibilité et la manière d'établir un système international pratique d'unités : Mètre, Kilogramme (masse), Seconde, en prenant pour base de discussion un document remis par la Délégation française.

L'Échelle internationale des Températures, qui était en gestation depuis un grand nombre d'années, a été adoptée dans tous les détails qu'avait fixés le Comité Consultatif.

Sur la proposition du Bureau des Longitudes de Paris, la façon d'énoncer les nombres supérieurs au milliard a été unifiée pour les pays d'Europe, par la règle mnémotechnique : $10^{6N} = (N)$ illions.

Les récents progrès du Système Métrique ont été brièvement exposés.

Le Professeur Isnardi, Membre de l'Académie de Buenos-Aires, a été élu membre du Comité International.

Après avoir voté pour l'avenir une légère majoration de la dotation du Bureau International, les membres de la Conférence ont approuvé à l'unanimité les premiers projets, présentés par la Délégation soviétique et par la Délégation suisse, d'une extension future du domaine d'activité du Bureau International, avec un accroissement corrélatif des ressources à mettre à sa disposition.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la somme vectorielle de deux ensembles de mesure nulle dont un seul est parfait.* Note (*) de M. **Émile Borel.**

Soit F un ensemble parfait de mesure nulle, défini sur le segment 0 — 1 par une infinité d'intervalles contigus N dont la somme est égale à l'unité et G un

(*) Séance du 18 octobre 1948.

ensemble de mesure nulle non parfait, mais dense en tout point de $0-1$; G est défini par une infinité convergente d'intervalles s_n partout denses; tout point de G est intérieur à une infinité des s_n. Pour étudier les cas où la somme vectorielle de F et G est de mesure nulle, on est conduit à définir une raréfaction r, distincte des raréfactions ρ et R que j'ai introduites dans des Notes précédentes.

Soit b_n le plus grand des intervalles qui subsistent lorsque l'on a placé les n plus grands des intervalles N contigus à F; nous poserons

$$\frac{\log n}{\log b_n} = -r_n, \tag{1}$$

et la raréfaction r de F sera, par définition, la plus grande des limites de r_n pour r infini, c'est-à-dire le plus grand des nombres r tels que, quelque petit que soit ε, il n'y ait qu'un nombre fini des r_n supérieurs à $r+\varepsilon$.

Les intervalles s_n qui définissent G étant rangés par ordre non croissant, on posera

$$\frac{\log n}{\log s_n} = -r'_n, \tag{2}$$

et la raréfaction r' de G sera définie de même par les r'_n.

Théorème. — *Pour que la somme vectorielle de* F *et de* G *soit de mesure nulle, il suffit que l'on ait*

$$r + r' < 1. \tag{3}$$

La somme vectorielle de F et de G est alors un ensemble G′ analogue à G, dont la raréfaction r'' est au plus égale à $r+r'$.

Donnons un exemple. Prenons pour F l'ensemble ternaire de Cantor et pour G l'ensemble des points définis par les intervalles

$$\frac{p}{q} \pm \frac{1}{q^6}$$

attachés à tous les nombres rationnels compris entre 0 et 1.

On voit facilement que l'on a

$$r = \frac{\log 2}{\log 3}, \qquad r' = \frac{1}{3}.$$

L'inégalité (3) est donc vérifiée et l'on peut affirmer que la somme vectorielle de F et de G est de mesure nulle.

Dans le cas où les définitions des ensembles considérés se rattachent à des fonctions à croissance régulière et satisfont, de plus, à certaines conditions d'homogénéité [1], il y a des relations assez simples entre les raréfactions, ρ,

[1] L'une de ces conditions d'homogénéité est la suivante; lorsque l'on a placé n intervalles N, le rapport entre le plus grand et le plus petit des intervalles b_n qui subsistent est inférieur à un nombre fixe indépendant de n.

R et r. Mais, dans des cas les plus généraux, ces raréfactions doivent être considérées séparément.

Indiquons, en terminant que, pour étudier les cas limites où les inégalités telles que (3) se transforment en égalités, il y aurait lieu de préciser la définition des raréfactions r (et éventuellement ρ et R) par des méthodes analogues à celles par lesquelles on précise la définition de l'ordre de croissance des fonctions, méthodes qui se rattachent notamment aux critères logarithmiques de Bertrand pour l'étude de la convergence et de la divergence des séries ([2]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination de toutes les racines carrées d'un opérateur hermitien borné quelconque*. Note (*) de M. GASTON JULIA.

Nous avons antérieurement déterminé toutes les racines carrées *hermitiennes* d'un opérateur hermitien $\geqq 0$ donné et étudié leur structure ([1]). Il est possible de déterminer, plus généralement, *toutes les racines carrées*, *hermitiennes ou non*, d'un hermitien *quelconque* défini, ($\geqq 0$, $\leqq 0$), ou indéfini. Nous le ferons par deux méthodes distinctes.

La première, utilisant les propriétés de structure des racines hermitiennes, nous fournira des renseignements intéressants et précis sur la structure des racines non hermitiennes : nous la développons dans la présente Note.

La deuxième, peut-être moins adaptée à l'étude de la structure, mais plus directe, paraît plus apte au calcul pratique de ces racines ; nous la présenterons dans une Note ultérieure. Nous nous bornerons ici aux opérateurs linéaires bornés de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, la méthode se simplifiant pour l'espace unitaire à n dimensions.

1. k est un opérateur linéaire *hermitien quelconque* borné et l'on cherche tous les opérateurs linéaires bornés Z tels que $Z^2 = k$. En posant $Z = h_1 + ih_2$ (h_1 et h_2 hermitiens), h_1 et h_2 vérifient les deux relations

$$(1) \qquad h_1^2 - h_2^2 = k,$$

$$(2) \qquad h_1 h_2 + h_2 h_1 = 0.$$

(2) exprime que h_1 et h_2 sont *antipermutables* (en abrégé h_1 *a. p.* h_2). On en déduit h_1^{2p} *p.* h_2^q et h_1^{2p+1} *a. p.* h_2^{2q+1} quels que soient les entiers p et q. Par (1), h_2 *p.* h_1^2 donne h_2 *p.* k; de même h_1 *p.* h_2^2 donne h_1 *p.* k. Soit H_1 l'hermitien $\geqq 0$ unique, tel que $H_1^2 = h_1^2$; $\mathcal{N}_1$ sera le sous-espace formé des *zéros de* H_1 (ou h_1); $\mathcal{M}_1 = \mathcal{H} \ominus \mathcal{N}_1$ sera le sous-espace sous-tendu par les valeurs Δ_H (ou Δ_{h_1}) de H_1 (ou h_1). On sait ([2]) que $h_1 = \Sigma_1 H_1$, Σ_1 étant une *symétrie* de $\mathcal{H}$ par rapport à

([2]) *Voir* mes *Leçons sur la théorie de la croissance*, Paris, 1910.

(*) Séance du 20 septembre 1948.

([1]) Voir *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 707-709, 829-832, 1019-1022 et 1161-1163.

([2]) *Voir* pour ces propriétés les notes ([1]).

un sous-espace V_1, *invariant par* H_1, et situé dans $\mathfrak{M}_1$. Nous poserons $V'_1 = \mathfrak{M}_1 \ominus V_1$. $H_1^2 = h_1^2$ étant $p.\ h_2$, on a $H_1\ p.\ h_2$. Donc h_2 *conserve* $\mathfrak{N}_1$ *et* $\mathfrak{M}_1$. On sait que $\Sigma_1\ p.\ H_1$ et $\Sigma_1\ p.\ h_1$ ([2]). Envisageons (2) qui devient

$$(2') \qquad \Sigma_1 H_1 h_2 + H_1 h_2 \Sigma_1 = 0.$$

$H_1 h_2 = h$ est hermitien; (2′) exprime alors $\Sigma_1\ a.\ p.\ h$. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il en soit ainsi est que h permute* ([3]) V_1 *et* $\mathcal{H} \ominus V_1$; on le voit aisément. Or $\mathcal{H} \ominus V_1 = \mathfrak{N}_1 \oplus V'_1$; H_1 conserve $\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{M}_1$, V_1, V'_1 *sans s'annuler dans* V_1 *et* V'_1 *hors de* o; h_2 conserve $\mathfrak{N}_1$ et $\mathfrak{M}_1$; il en résulte (condition *n.* et *s.*) que h_2 *permute* V_1 *et* V'_1 (c'est-à-dire $h_2\ a.\ p.\ \Sigma_1$).

En définitive : 1° $h_2 p.k$; 2° h_2 *conserve* $\mathfrak{N}_1$, *permute* V_1 et V'_1, d'où il résulte que h_2^2 conserve $\mathfrak{N}_1$, V_1, V'_1; 3° $h_1 p.k$, $h_1^2 = H_1^2 = h_2^2 + k$ conserve $\mathfrak{N}_1$, V_1, V'_1, donc k *conserve* $\mathfrak{N}_1$, V_1, V'_1; 4° *dans* $\mathfrak{N}_1$ on a identiquement $h_1^2 = h_2^2 + k = 0$, *dans* V_1 *et* V'_1, on a $h_2^2 + k > 0$.

2. *Réciproquement*, soient $\mathfrak{N}_1$ et V_1 2 *sous-espaces orthogonaux invariants par* k; le sous-espace V'_1 complémentaire de $\mathfrak{N}_1 \oplus V_1$ l'est aussi.

Soit h_2 un *hermitien borné* quelconque satisfaisant aux conditions suivantes : 1° $h_2 p.k$; 2° h_2 *conserve* $\mathfrak{N}_1$; 3° h_2 *permute* V_1 *et* V'_1; 4° h_2 est tel que $h_2^2 + k$ soit $\equiv 0$ dans $\mathfrak{N}_1$ et soit > 0 dans V_1 et V'_1 (ceci exige que k soit défini $\leqq 0$ dans $\mathfrak{N}_1$). Alors $h_1 + ih_2$ *sera la racine carrée la plus générale de* k (h_1 est défini par $h_1 = \Sigma_1 H_1$ où $H_1^2 = h_2^2 + k$, comme on l'a vu au n° 1).

En effet H_1, hermitien $\geqq 0$ défini par $H_1^2 = h_2^2 + k$ est *nul dans* $\mathfrak{N}_1$; *il conserve* V_1 *et* V'_1. $h_2 p.k$ donne $H_1^2 p.k$, donc $H_1 p.k$. Or $h_2 p.(h_2^2 + k)$ donne aussi $H_1 p.h_2$; donc $H_1 h_2$ est *hermitien*, conserve $\mathcal{H}_1$, permute V_1 et V'_1. Σ_1 (symétrie de $\mathcal{H}$ par rapport à V_1) sera $a.p.h_2$ mais $p.H_1$. Donc $h_1 = \Sigma_1 H_1$ est hermitien et $h_1 a.p.h_2$, c'est-à-dire $h_1 h_2 + h_2 h_1 = 0$. D'autre part $h_1^2 = H_1^2 = h_2^2 + k$, ce qui établit la proposition.

3. Pour construire *pratiquement* une racine carrée arbitraire de k, on choisit d'abord $\mathfrak{N}_1$ et V_1, *orthogonaux*, *invariants* par k et tels que $k \leqq 0$ *dans* $\mathfrak{N}_1$; le choix de h_2, dans $\mathfrak{N}_1$, est réglé par $h_2^2 + k = 0$ et h_2 y est $p.\ k$. Pour déterminer h_2 dans V_1 et V'_1, on y choisit des bases ON, soit (ε_{2p-1}) pour V_1, et (ε_{2p}) pour V'_1, avec, en général ([4]), $p = 1, 2, \ldots \infty$; h_2 est défini par

$$h_2(\varepsilon_{2p-1}) = \sum_q a_{pq}\varepsilon_{2q} \qquad \text{et} \qquad h_2(\varepsilon_{2p}) = \sum_q b_{pq}\varepsilon_{2q-1};$$

h_2 hermitien exige $b_{pq} = \bar{a}_{qp}$, la matrice $a = \| a_{pq} \|$ étant supposée *bornée* ($b = a^*$). La condition $h_2 p.\ k$ se traduit comme suit : $\varkappa$ et $\varkappa'$ étant les matrices *connues*

([3]) Cela veut dire que le transformé, par h_2, du sous-espace V_1, est intérieur à $\mathcal{H} \ominus V_1$; et réciproquement.

([4]) Si V_1 ou V'_1 n'a qu'un nombre *fini* de dimensions, le problème se simplifie, mais je traite pareillement.

(hermitiennes), relatives aux ε_{2p-1} et aux ε_{2p}, des opérateurs *induits par k* dans V_1 et V'_1, on devra avoir entre les matrices a, χ, χ' la relation $\chi . a = a . \chi'$ [5], (laquelle entraîne $a^* \chi = \chi' a^*$ ou $b . \chi = \chi' . b$). La condition $h_2^2 + k > 0$ dans V_1 et V'_1 n'existe vraiment que *si k n'est pas définie* ≥ 0; la décomposition canonique $k = k_1 - k_2$, k_1 et k_2 hermitiens ≥ 0, avec $k_1 k_2 = 0$, montre alors que la condition sera en particulier satisfaite si la *borne inférieure* de $(x, (h_2^2 + k_1)x)$ sur $|x| = 1$, dans V_1 et V'_1, est supérieure à la *borne supérieure* de $(x, k_2 x)$ dans les mêmes conditions.

4. Lorsque $k \geq 0$, nécessairement $\mathfrak{N}_1$ *est nul* ou bien *intérieur au sous-espace des zéros de k*; donc $h_2 = 0$ dans $\mathfrak{N}_1 . h_2$ n'est soumis qu'aux conditions $h_2 p . k$, h_2 permute V_1 et V'_1, ce qui supprime la dernière des conditions 4° de 2.

Lorsque k est un opérateur *scalaire réel*, $\neq 0$, toute h_2 lui est permutable; $\mathfrak{N}_1$ et V_1 sont *quelconques, orthogonaux*, et $\mathfrak{N}_1 \neq 0$ seulement si $k < 0$; il ne restera alors qu'à réaliser la condition : h_2 permute V_1 et V'_1 et celle relative au signe de $h_2^2 + k$ dans V_1 et V'_1. Le problème se simplifie encore si k est *scalaire positif*, par exemple, pour $k = 1$; alors $\mathfrak{N}_1 = 0$, V_1 et V'_1 sont deux sous-espaces *complémentaires quelconques* de $\mathcal{H}$, et h_2 est un hermitien *quelconque* qui les *permute*, c'est-à-dire dont les matrices (envisagées au n° 3), relativement à V_1 et V'_1, sont a et son adjointe a^* (a bornée quelconque). Pour $k = 1$, notre problème contient celui des *symétries antipermutables*, dont les applications sont nombreuses et dont ce qui précède fournit aisément la solution générale.

Pour $k = P_V$, $\mathfrak{N}_1$ pourra être un sous-espace quelconque $\subseteq \mathcal{H} \ominus V$, et dans $\mathfrak{N}_1$, on a $h_2 = 0$. On décompose alors $(\mathcal{H} \ominus V) \ominus \mathfrak{N}_1$ en deux variétés *complémentaires arbitraires* v_1 et v'_1, et de même V en deux variétés *complémentaires arbitraires* w_1 et w'_1. On a nécessairement $V_1 = v_1 \oplus w_1$ et $V'_1 = v'_1 \oplus w'_1$. h_2, *nul dans* $\mathfrak{N}_1$, devra *permuter* v_1 *et* v'_1, w_1 *et* w'_1 et sera alors $p . k$.

Nous reviendrons ultérieurement sur diverses questions liées aux considérations exposées dans la présente Note.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Remarques à propos d'une Note* [1] *de MM. Félix Ehrenhaft et H. Herzog.* Note de MM. **Aimé Cotton**, **Eugène Cotton**, et **Pierre Tauzin**.

M. Ehrenhaft est convaincu que les faits qu'il a découverts en étudiant l'action de la lumière et des champs sur de petites particules en suspension dans l'air peuvent être généralisés, et étendus à des rayonnements divers, en

---

[5] Il peut arriver que cette relation n'admette que la solution $a = 0$; alors $h_2 = 0$ dans V_1, V'_1, $\mathfrak{N}_1$, et $h_1^2 = k$ dans $\mathfrak{N}_1$, ce qui exige $k > 0$ dans $\mathfrak{N}_1$; (on a vu que, dans $\mathfrak{N}_1$, $h_1 = 0$, $h_2^2 = -k$). Nous reviendrons ultérieurement sur une étude plus approfondie de cette relation.

[1] F. Ehrenhaft et R. Herzog, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 626.

particulier au rayonnement β des corps radioactifs. Quel que soit le sort qui sera réservé aux idées de M. Ehrenhaft, elles l'ont conduit à disposer une expérience simple qui, d'après lui, semble difficile à expliquer en partant des théories admises actuellement. Une plaque photographique qui se montrait insensible au rayonnement d'une préparation de radium E transmis, en l'absence de champ, par une feuille d'aluminium épaisse de $1^{mm},8$, noircit nettement lorsqu'on fait agir un champ de 11000 unités même lorsque l'épaisseur de l'aluminium est portée à 3^{mm}. Les auteurs de la Note citée admettent l'augmentation de l'énergie des rayons β par un champ magnétique longitudinal.

Est-ce bien la seule façon dont on puisse chercher à rendre compte de l'expérience? Il résulte des lois de la mécanique que, si des particules chargées d'électricité sont soumises à un champ magnétique, leurs mouvements sont en général modifiés par l'action du champ; il faut donc s'attendre à constater des changements dans les actions qu'elles produisent.

L'un de nous a déjà (²) fait remarquer que si des particules électrisées effectuent, en l'absence de champ, des mouvements répartis au hasard pour l'ensemble des particules comme ceux qui résultent de l'agitation thermique, leur répartition moyenne n'est plus, si l'on peut dire, isotrope lorsqu'un champ intervient.

On ne voit aucune raison, semble-t-il, pour que le champ magnétique longitudinal diminue les propriétés absorbantes de l'aluminium. Cependant on peut se demander s'il ne pourrait accroître l'action du rayonnement sur une plaque photographique normale aux lignes de force. En effet les actions électromagnétiques qui s'exercent sur la particule chargée, nulles dans le cas très particulier où la vitesse est dirigée suivant les lignes de force, tendent dans tous les autres cas à enrouler la trajectoire autour du champ, ce qui augmenterait le nombre de grains impressionnés par unité de surface. Mais il est difficile d'évaluer l'ordre de grandeur d'un tel effet.

Quelle est, dans l'expérience de M. Ehrenhaft, l'action du champ magnétique sur un des électrons en mouvement, constituant le rayonnement β? Faisons abstraction d'abord de l'aluminium et du gaz que traversent les rayons et considérons, dans le vide, une particule chargée ayant acquis à un instant donné pour une cause quelconque, une vitesse v. La masse au repos de la particule est m_0, sa charge e. La trajectoire qu'elle prend avait été calculée d'abord par Fortin (³) qui lors de ses recherches sur les rayons magnétocathodiques avait déjà considéré le cas où le champ électrostatique s'annule. La particule suit une hélice sur un cylindre de révolution dont l'axe est parallèle aux lignes de force du champ magnétique H. Le rayon ρ du

---

(²) A. Cotton, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 969.
(³) *Comptes rendus*, **138**, 1907, p. 1595.

cylindre est donné, dans le système électromagnétique C. G. S., par la formule

$$H\rho = \frac{m_0 v \cos\theta}{e} \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

β étant le rapport entre v et la vitesse c de la lumière, θ étant l'angle que fait la vitesse avec le plan perpendiculaire au champ. La trajectoire, rectiligne lorsque cet angle est droit, devient hélicoïdale s'il diminue, et se réduit à une circonférence de rayon ρ lorsque la vitesse v est normale au champ.

Le radium E émet un spectre continu de rayons β dont l'énergie varie de 0 à 1,07 MeV, les vitesses s'étendant de 0 à $2,8 10^{10}$ C. G. S. Dans ces conditions la formule donne pour $H = 11\,000$ gauss un rayon ρ variant de 0 à ρ max. = $4^{mm},5$. (Pour la vitesse la plus probable $2,3 10^{10}$ C. G. S. correspondant au maximum de la courbe de répartition spectrale 0,3 MeV et pour $\theta = 45^\circ$, on a $\rho = 1^{mm},3$.)

Le champ magnétique, en enroulant les trajectoires, va produire non pas une véritable focalisation, mais une concentration des électrons sur une région bien définie de la plaque. Une source ponctuelle ne donne pas une image ponctuelle mais une tache circulaire à bords diffus, le rayon extrême de cette tache étant 2ρ max., soit environ 1^{cm} pour le Ra E. Tous les électrons émis par une source circulaire normale au champ de rayon R impressionneront la plaque à l'intérieur d'un cercle de rayon $R + 2\rho$ max., donnant une image circulaire plus grande que la source et à bords diffus.

La région impressionnée de la plaque photographique (cercle de rayon $R + 2\rho$ max.) qui, avant l'application du champ recevait d'un point de la source le rayonnement émis dans l'angle solide d'un cône d'ouverture 90° environ (pour une géométrie voisine de celle du dispositif décrit dans la Note citée) reçoit, lorsque le champ agit tous les rayons émis dans 2π stéradians. Le rapport de ces deux intensités est

$$\frac{2\pi(1-\cos 45^\circ)}{2\pi} = \frac{1}{3,4}.$$

Le nombre d'électrons reçus par cette région est donc, lorsque le champ agit, environ 3,4 fois plus fort qu'en son absence.

Les expériences citées n'ont pas eu lieu dans le vide. Dans l'air, peu absorbant pour le rayonnement β, la plupart des trajectoires doivent être peu modifiées. Dans l'aluminium les phénomènes sont, comme nous l'avons signalé plus haut, difficiles à analyser exactement. De toutes manières la couche d'aluminium située au-dessus de la région impressionnée de la plaque doit recevoir trois fois environ plus d'électrons lorsque le champ de 11 000 gauss agit.

Or il semble établi qu'une source de Ra E produit encore des effets d'ionisation à travers d'une épaisseur d'aluminium de 3^{mm} et plus. Ces effets pourraient être

dus soit à l'action d'électrons particulièrement rapides, soit à celle d'un rayonnement électromagnétique (comme le spectre X produit par le freinage des électrons dans l'aluminium), soit à une autre cause. L'intensité de ces effets paraît liée au nombre d'électrons reçus par l'aluminium. On peut donc se demander si le noircissement observé par les auteurs de la Note en présence du champ ne pourrait pas également se produire dans un champ nul en posant suffisamment longtemps pour compenser l'absence de concentration.

L'un de nous a commencé une vérification expérimentale des hypothèses envisagées ci-dessus. Les auteurs de la Note n'indiquent pas l'ordre de grandeur de la source RaE qu'ils emploient et nos premiers essais ont été effectués avec des sources plus faibles que les leurs, semble-t-il (0,1 u.e.s.). Néanmoins l'effet de concentration dans l'air a été mis nettement en évidence. Ces premiers essais ont montré que si l'on opère avec un petit électro-aimant non refroidi en prolongeant la pose, la plaque s'échauffe et devient beaucoup plus sensible. Cet effet accentue notablement la différence entre les noircissements observés en l'absence et en présence du champ. Cette cause d'erreur, sur laquelle M. S. Rosenblum avait attiré notre attention, a été éliminée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'oxyde de carbone sur l'hydroxyde de cæsium.* Note de MM. **Louis Hackspill** et **Georges Thomas.**

Berthelot a réalisé, en 1855 (¹), la synthèse du formiate de potassium en chauffant à 100° quelques grammes de potasse, à l'état solide, dans un ballon de verre scellé, rempli de gaz oxyde de carbone.

La réaction était très lente; cependant au bout d'une centaine d'heures l'oxyde de carbone était entièrement fixé et un vide, presque complet, régnait dans l'appareil; à la condition que la potasse fût en léger excès.

L'élévation de la pression augmente notablement la vitesse de la réaction, comme l'a montré M. Goldschmidt en 1894 (²). De sorte que l'on prépare aujourd'hui industriellement les formiates alcalins en chauffant entre 120 et 130° la potasse ou la soude au contact de gaz à l'air ($CO + 2N_2$) comprimé sous 12 ou 15 atmosphères.

Il est nécessaire, pour éviter une prise en masse, d'agiter constamment l'hydroxyde pulvérisé. Pour faciliter la réaction on peut, sans inconvénient, augmenter la pression du gaz, par contre l'élévation de la température provoque la formation d'oxalate. La réaction

$$CO + NaOH \rightarrow HCO_2Na + 26\,c$$

étant exothermique, il n'est nécessaire de chauffer que pour l'amorcer. Lorsqu'on opère en grand, on est même obligé de refroidir.

(¹) *Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), t. XLV, p. 479; t. LIII, p. 77; t. LVI, p. 465.
(²) D. R. P. 8619.

D'une manière générale, les réactions de la cœsine (hydrate de cœsium : $CsOH$) sont plus vives que celles des autres bases alcalines. C'est bien ce que l'on observe avec l'oxyde de carbone.

La cœsine fond relativement bas : 272°, et le point de fusion du formiate est encore au-dessous : 265°. Nous avons donc étudié, tout d'abord, la réaction avec la base à l'état liquide. Le verre étant attaqué, dès la température de fusion, et peut-être même avant, nous avons eu recours à un appareil en argent. Sa forme est des plus simples : un tube en U de 25^{cm} de haut, disposé verticalement, une branche ayant 2^{cm} de diamètre, l'autre $0^{cm},5$. Le côté le plus large renferme des anneaux Raschig, en argent également, de $0,5 \times 0^{cm},5$, destinés à augmenter la surface de contact entre le liquide et le gaz; la branche étroite servant à l'introduction de ce dernier. Le tout est maintenu électriquement à température constante. Pour chaque essai, cinq litres d'oxyde de carbone pur barbotent pendant une heure à travers 10^{g} de cœsine, alors que la théorie exige $1^{l},5$. La réaction dégage une trentaine de grandes calories par molécule-gramme de base, aussi la température s'élève-t-elle rapidement de 10° et même 20°.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant. La température initiale de l'expérience est suivie de l'élévation maxima observée. Le formiate et l'oxalate sont exprimés en pour 100 de cœsium transformés. Le carbonate n'a pu être dosé avec précision, mais il s'en forme d'autant plus que l'on s'éloigne davantage de la température optima de transformation en formiate, si l'on en juge par la quantité d'hydrogène se trouvant dans les gaz sortants.

Temps.	Température.	Formiate (%).	Oxalate (%).
1 heure.....	275 + 22°	78	–
	280 + 20	91	–
	294 + 15	91,5	–
	315 + 10	84,5	–
	335 + 10	81	–
	348 + 20	64	1
	367 + 16	55	1
	377 + 16	42	2
	392 + 12	35	2
	396 + 25	36,5	4

En résumé : bien que les conditions ne soient pas les mêmes que celles réalisées par Berthelot, on voit que la synthèse du formiate est beaucoup plus rapide avec la cœsine qu'avec la potasse et qu'il est inutile de recourir à l'élévation de pression. Les trois réactions suivantes peuvent prendre naissance :

$$CsOH + CO \rightarrow HCOOCs,$$
$$2CsOH + 2CO \rightarrow (COOCs)_2 + H_2,$$
$$2CsOH + CO \rightarrow CO_3Cs_2 + H_2,$$

jusqu'aux environs de 300°, la première est à peu près seule à se manifester. L'oxalate fait son apparition à partir de 350° seulement, alors que les formiates de potassium et de sodium se décomposent avant 200°.

GÉNÉTIQUE. — *Descendance singulière du Cerisier à fleurs doubles* Cerasus avium *L. f.* plena *C. K. Schneider*. Note (*) de M. **Louis Blaringhem**.

En août 1910, à la Station Berthelot de Meudon (S.-et-O.), j'assistai à la mort par décrépitude d'un Cerisier à fleurs pleines dont j'étudiais les années précédentes les fleurs épanouies bourrées de pétales blanc nacré, sans y trouver d'étamines ni d'anthères ; je fus surpris d'y voir, à la jumelle, l'arbre atteignant 9 mètres de haut, trois fruits rougissant. Les fruits furent cueillis le jour même et mis à mûrir à l'intérieur du Laboratoire, devant la fenêtre. Le semis des 3 noyaux, bien fermes et normalement conformés, eut lieu à la mi-octobre en stratification ; ils germèrent en 1911 ; deux jeunes plants n'ont pas résisté à la mise en place, sans doute par la sécheresse de l'été 1914. L'unique plant sauvé, très vigoureux, est actuellement un bel arbre, en bonne place à droite de l'entrée du terrain réservé aux expériences.

I. La plante mère était bien la forme *plena* distinguée en ces mêmes années par Camillo Schneider (¹) n° 42, et j'ai retrouvé le même arbre à l'Arboretum G. Allard d'Angers où il est encore vivant, atteint 12 mètres de haut et se couvre, à chaque printemps, de milliers de fleurs pleines, blanches, où je n'ai pu observer, à la jumelle, aucune trace de fructification au cours de 30 années. Il s'agit bien du *Cerasus avium* Mœnch variété à fleurs pleines.

Les avis sont partagés sur la stabilité des formes spontanées. Pour Schneider (¹), l'une des plus stables est la var. *actiana* déjà signalée par Linné (*Sp. plantarum* 474) en 1753 à confondre avec *Cerasus nigricans* Ehrhrart distinguée dès 1792. Il s'agit ici d'une plante d'origine horticole où l'on n'a pas signalé, à ma connaissance, de fructification avant celle qui est l'objet de cette Note.

L'unique individu conservé de sa descendance doit être rangé dans l'espèce linnéenne *Prunus Cerasus*. C'est un arbre de petite taille, à ramifications basses, puissantes, formant tête presque sphérique et très compacte par le développement de nombreuses ramilles intriquées qui ne sont jamais signalées sur les Cerisiers cultivés. *Prunus Cerasus* de Linné, *Cerasus vulgaris* de Miller (1768) est décrit depuis quatre siècles sous le nom de *Griottier*. On ne peut affirmer qu'il est le prototype sauvage d'une espèce linnéenne et partout où on le rencontre à l'état spontané, au Caucase, en Anatolie, en Macédoine, plus près

(*) Séance du 4 octobre 1948.

(¹) *Prunus Cerasus-avium* L. *f. plena*, rapprochée par l'auteur de la var. *fl. pleno* de Kirchner, dans *Laubholz Kunde*, 1, Iéna 1910-1912, p. 615-616.

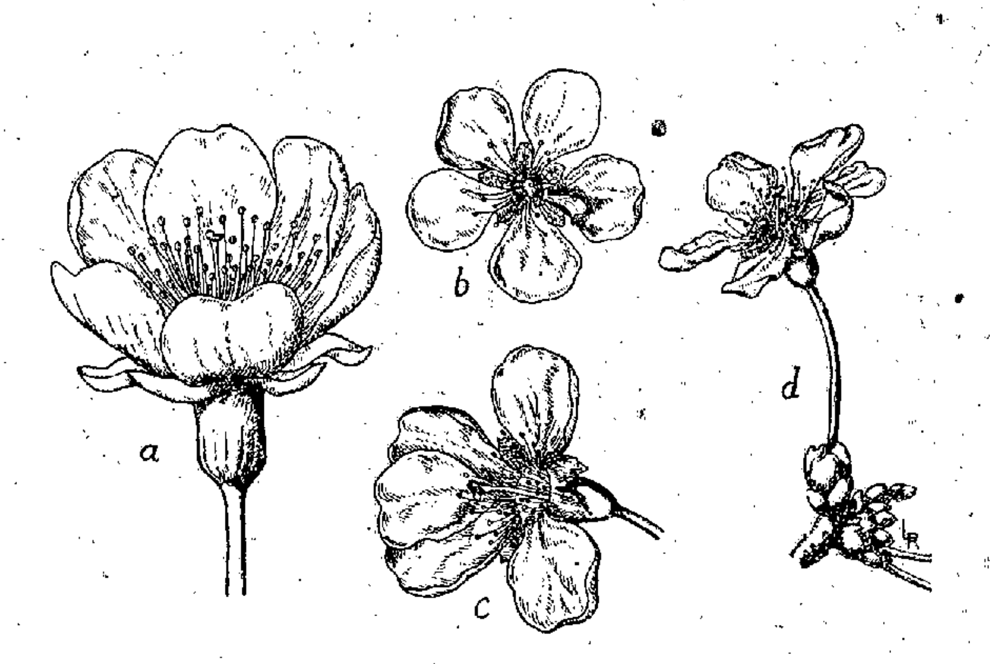
de nous, en Suisse, il y a des indices marqués d'une présence prolongée de cultures. La plante de Meudon pourrait sans doute figurer dans la liste sommaire des formes que cite C. K. Schneider d'après le Catalogue de Späth de 1887-1888, *f. globosa*. Dans cette révision, Schneider classe un *C. semperflorens* D. C. assez commun dans les collections qui donne des fleurs et des fruits tout l'été jusque tard en automne; le sujet de cette dernière variété de l'Arboretum Allard quoique mis en place depuis plus de cinquante ans n'atteint pas quatre mètres de haut et ses ramifications nombreuses, divergentes, trahissent un désordre manifeste dans la végétation; j'ai pu observer la forme *C. acida flore pleno* de Kirchner décrite en 1864, fertile par ses nombreuses étamines malgré une demi-duplicature, mais aucun échantillon du *Cerasus Rhexii* à fleurs très pleines, cité par le même auteur n'a pu m'être présenté. Les indications écrites sur la végétation de ces formes sont relatives à la floraison, au point de vue décoratif.

II. L'arbre de Meudon *Cerasus acida f. Bertheloti* a donné quelques fleurs en 1943, non à la cime mais sur les ramilles grêles internes; la floraison de 1944 et de 1945 fut abondante, toujours tardive (fin mai) sans aboutir à des fruits fécondés. En 1946 j'ai récolté trois fruits mûrs, en 1947 une douzaine dont les noyaux germent mal et la récolte de cette année est encore plus abondante. Les dessins et figurations de la planche coloriée présentés en séance sont des documents pris en 1947.

III. Je me limiterai ici à la description de quelques particularités de la floraison. Sur les ramilles contournées, arquées, souvent groupées en balai diffus, les boutons se distinguent nettement des bourgeons terminaux, qui donneront les feuilles, par la taille réduite linéairement de plus de moitié et par leur condensation sur des axes courts quoique bien lignifiés; mais, dès l'anthèse, l'aspect change, le débourrement des bourgeons est lent avec allongement progressif qui se prolongera toute l'année, tandis que les boutons se gonflent en avril, brusquement; en moins de deux jours une bonne partie des fleurs s'est dégagée par l'allongement de pédoncules doubles, triples, formant corymbes enchassés dans les écailles protectrices. A cette phase les boutons sont encore sphériques et l'anthèse se prépare lentement, en une semaine au moins, provoquant le gonflement des tissus qui s'accentue uniquement à la base d'attache de chaque fleur sur son pédoncule. Une cuvette profonde de 3^{mm}, pour un bouton dont le diamètre n'atteint que 6^{mm}, préside à l'ouverture et à l'étalement des pétales au fur et à mesure que la cuvette se creuse, s'épaissit sur les bords et renverse dans la croissance les sépales épais et courts.

A la maturation des fruits, je trouve desséchés et bruns, pour un très grand nombre de corymbes, des anneaux d'écailles qui sont les restes de ces organes verts tardivement caducs; leur taille et leur masse dépassent de beaucoup celles que je pouvais noter sur les Cerisiers et Merisiers voisins dont l'épanouissement floral, plus précoce, était rapide et uniforme. La tendance

à la duplicature des fleurs est peu marquée. En très grande majorité elles sont simples et régulières, du type 5, rarement du type 6 (*fig. a*) choisi pour compléter ma démonstration du désordre réel qu'entraîne le développement rapide, peut-être saccadé de la cuvette calicinale; ici les pétales sont égaux, régulièrement répartis; les étamines forment deux cycles, les longues externes et précoces, les



courtes internes à maturation retardée de quelques jours; mais les sépales pour cette fleur, pour un assez grand nombre d'autres fleurs sont inégaux, celui de droite plutôt mince et allongé, celui de gauche épais et en cuillière, et à cet épaississement correspond un pétale interne à échancrure médiane et un pétale externe fortement lobé du côté qui correspond au sépale épais et persistant. Le dessin *a* montre en plus l'irrégularité de disposition des étamines : à droite, un arc d'anthères (étamines longues) bien dégagées de l'arc inférieur d'anthères (étamines à filets courts); à gauche, cette distribution est altérée; au sépale épais et persistant se superpose un désordre dans l'allongement des filets des étamines.

Toutes les anthères, bien conformées, donnent du pollen parfait, avec 2 à 5 % de grains ridés à l'épreuve du gonflement; ce pollen est actif, car jusqu'en fin juin les deux tiers des ovaires persistent avec léger gonflement pour la grande majorité qui, pollinisés, n'ont pas été fécondés et tombent tandis que les fécondés donnent des Cerises saines à gros noyaux que je décrirai ailleurs.

Je retiens ici plus spécialement l'attention sur les rares fleurs, au plus 1 pour 10 et cette proportion varie largement avec les ramilles étudiées, qui trahissent la tendance à la duplicature. En *b*, un pétale externe, celui de droite, présente une déformation sensible, asymétrie accentuée par l'épaississement médian et l'absence d'échancrure à la pointe, et, à sa base, latéralement, l'étamine longue est remplacée par un organe pétaloïde fort étroit, épais et court. En *c* (un pétale enlevé entre les deux sépales bien visibles), autre incident, le pétale surnuméraire est accroché exactement entre les deux pétales externes qu'il recouvre en partie; il atteint la taille et la forme des pétales normaux adultes bien qu'il occupe la place d'une étamine externe.

En *d*, fleur plus âgée à six pétales, montrant leurs déformations notées sur le vif traduisant des croissances, des formes, des âges différents; sur le même dessin, à remarquer le bourgeonnement qui termine la ramille à la base des fleurs épanouies, bourgeonnement qui, après la chute des fleurs non fécondées, prépare les pousses fleuries de la prochaine année.

Cette description fortement condensée correspond à ce qui peut être analysé sur les fleurs ayant plusieurs pétales surnuméraires, et j'ai fait dessiner une fleur à 13 pétales, cas extrême noté sur une brindille dont toutes les fleurs offraient des irrégularités de croissance (planche coloriée à paraître dans *Ann. Sc. Nat. Botanique*, 11ᵉ série, t. IX, 1948).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Pisum sativum *L.* (¹). Note (*) de M. **René Souèges**.

Parmi les Viciées, les *Pisum* représentent un genre aux caractères organographiques bien tranchés, accepté par tous les systématiciens. Ordinairement, dans les classifications, ceux-ci les placent à côté des Gesses. Les recherches embryogéniques de D. C. Cooper (²) sont venues, en 1938, prêter appui à ce rapprochement, cet auteur admettant dans les conclusions de son travail que le cours du développement, chez le *Pisum sativum*, est essentiellement similaire à celui qu'a décrit L. Guignard pour l'*Orobus angustifolius*. Les observations de Cooper cependant apparaissent, en certains points, confuses et incomplètes, et, d'un autre côté, celles dont les *Orobus vernus* et *tuberosus* ont été récemment l'objet, de ma part (³), ne les ont nullement confirmées, pour ce qui concerne les premiers stades, vraiment essentiels. Il était donc indispensable d'examiner de nouveau le *Pisum sativum*, de la manière la plus rigoureuse, pour être bien fixé sur les caractères embryogéniques de la plante et sur ses rapports avec les autres genres de la tribu.

La tétrade *première* (*fig.* 2) se constitue comme chez toutes les Viciées examinées jusqu'ici. Les trois éléments inférieurs se comportent de la même manière et ont mêmes destinées. L'élément supérieur *cc* (*fig.* 4 à 6), selon un processus qui s'est montré tout à fait constant, se segmente par une cloison plus ou moins oblique pour donner deux cellules juxtaposées qui peuvent paraître, au début, très peu dissemblables. L'une se divise plus tard transversalement, l'autre longitudinalement; elles produisent ainsi 4 quadrants nettement disposés en tétraèdre (*fig.* 7, 8); les parois de séparation des quadrants ne se montrent pas d'ordinaire strictement horizontales ou verticales; elles sont parfois forte-

---

(*) Séance du 11 octobre 1948.

(¹) La plante qui a servi à nos investigations est une variété, à rames, à graines rondes, dite *Serpette Guilloteaux*, appelée aussi *Merveille d'Étampes*.

(²) *Bot. Gazet.*, 100, 1938, p. 123.

(³) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 60 et 493.

ment inclinées (*fig.* 9). Le quadrant qui occupe le sommet, bien que rappelant par sa forme et sa position un élément épiphysaire, ne se comporte nullement comme tel.

Les quatre quadrants se divisent pour donner 8 octants. En 10, 4 octants se sont déjà constitués par division longitudinale de 2 quadrants d'abord superposés; en 9, les 2 qua-

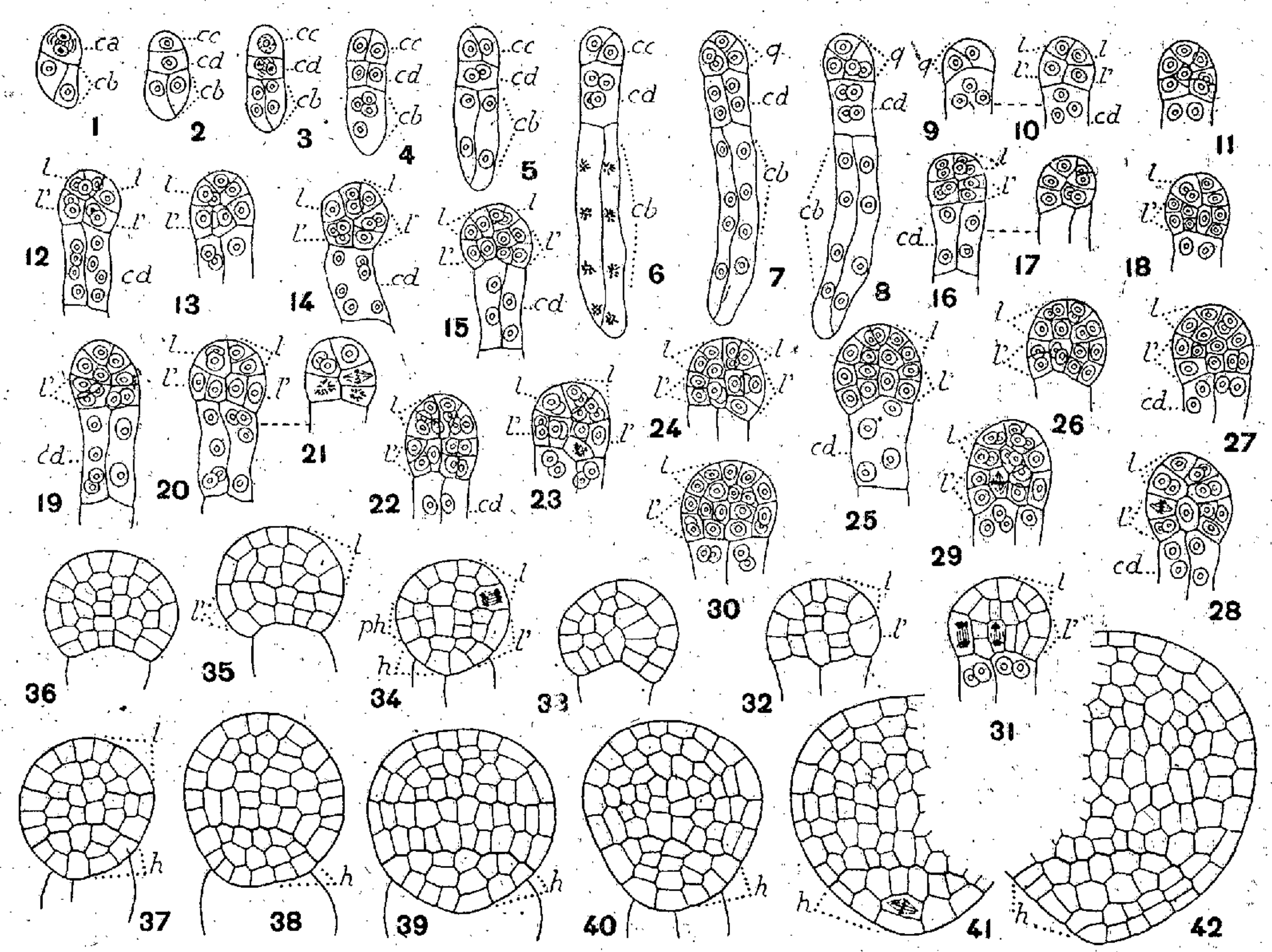


Fig. 1 à 42. — *Pisum sativum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou les deux vésicules inférieurs du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou embryon proprement dit; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca*, ou les deux vésicules supérieurs du suspenseur; *q*, quadrants; *l* et *l'*, octants supérieurs et inférieurs *ph*, partie hypocotylée; *h*, massif hypophysaire. En 16 et 17, deux coupes voisines d'un même proembryon; de même en 20 et 21. G. = 160.

drants juxtaposés du même proembryon ne se sont pas encore segmentés. L'un de ceux-ci s'est divisé en 11, où, à gauche, on distingue nettement 3 noyaux, tandis que, à droite, s'observent les 4 noyaux des 4 octants engendrés par division plus ou moins oblique des 2 quadrants superposés. En 12, 13, les 8 octants sont constitués; leur répartition en 2 étages paraît le plus souvent indistincte, étant données les directions, transversales ou longitudinales, nullement rigoureuses, des parois de segmentations.

Les cloisonnements dans les octants supérieurs procèdent par parois généralement anticlines (*fig.* 22 et suiv.), rarement périclines (*fig.* 25 à d., 27 à g.). Dans les octants supérieurs, ces parois seraient tantôt verticales (*fig.* 23, 24, 26 à g.), tantôt transversales (*fig.* 23, 24 à d., 27, 28 à g.). Dans les figures 30, 31, 32, on peut voir comment, à la suite des dernières cloisons transversales, arrivent à se constituer, dans les octants inférieurs, les deux assises *ph* et *h* (*fig.* 34, 35), qui donnent naissance à la partie hypocotylée et au groupe hypophysaire. Dans beaucoup de cas (*fig.* 27, 29, 33, 36), il est difficile de déterminer comment se succèdent les divisions dans les octants; bien avant la naissance des

cotylédons, le corps embryonnaire se présente comme un massif homogène avec parois cellulaires diversement orientées (*fig.* 33, 36). Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on rencontre des formes permettant, à ce stade (*fig.* 34, 39), de bien distinguer la partie cotylée, l'hypocotyle et le massif hypophysaire. En aucun cas, il n'apparaît un groupe épiphysaire dont on puisse déterminer l'origine, les limites ou les fonctions.

Il faut reconnaître que l'embryon du *Pisum sativum* offre avec celui des *Vicia* d'étroites ressemblances. Ils se séparent surtout l'un de l'autre par la disposition tétraédrique des quadrants qui, chez le *Pisum*, se montre particulièrement nette et vraiment constante. La tétrade *seconde* qui, chez les *Vicia*, appartient à la variante A_1 se rattache, de la sorte, nécessairement chez le *Pisum*, à la variante B_1 (*cc*+*cd*, *fig.* 5), et l'espèce prend place dans le dixième groupe embryogénique. On sait que les *Orobus*, par leur tétrade *seconde* de la catégorie C_1, se rangent dans le treizième groupe. Généralement, dans le dixième groupe (série B'), comme dans le deuxième (série B), celui des quatre quadrants en disposition tétraédrique qui occupe le sommet s'individualise d'emblée et se comporte comme cellule épiphysaire. Tel n'est pas le cas chez le *Pisum sativum*. Le fait nouveau qui se dégagerait ainsi de nos observations, c'est qu'il peut se produire une disposition tétraédrique des quadrants, sans que cette disposition soit nécessairement liée à la différenciation en cellule épiphysaire du quadrant qui vient occuper le sommet du proembryon. Il est difficile, en conséquence, de déterminer dans quelle mesure, chez le *Pisum*, les deux cellules juxtaposées, en *cc* (*fig.* 4), mères des quadrants, sont hétérodynames.

POLARIMÉTRIE. — *Rotativités du chlorure de silicium et du cyclohexane vaporisés.* Note de MM. René de Mallemann et François Suhner.

Les auteurs ont montré récemment [1] que le pouvoir rotatoire magnétique du *chlorure titanique*, corps négatif et très fortement dispersif, ne correspondait pas à l'invariant d'état physique désigné sous le nom de rotativité. C'est le premier exemple d'un corps faisant nettement exception à une règle, qui, pour toutes les autres substances observées (près d'une centaine), s'est trouvée vérifiée dans les limites de précision des mesures.

Afin de mieux faire ressortir le cas exceptionnel de $TiCl_4$, les auteurs ont employé le même dispositif perfectionné (qui permet d'atteindre une précision supérieure à celle des mesures effectuées antérieurement avec M. Gabiano), pour l'examen de deux substances non encore étudiées, dont l'une est de composition chimique analogue à celle de $TiCl_4$, et l'autre très différente.

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 546.

I. *Tétrachlorure de silicium.* — $SiCl_4$.

a. Vapeur. $d_{mes} = 0,00638$, $p = 723^{mm}$, $t = 67°$.

Rotation double ($578^{m\mu}$)...... 78′ $Hl = 570.10^3$ c. g. s.

Dispersions.................. 1,14 (546) 1,91 (436).

Rotation spécifique......... $[\Lambda] = [\Omega] = 3,21.10^{-6}$ (rad.).

Rotativité moléculaire...... $[\Omega]_M = 54,6.10^{-5}$ ($\pm$ 0,5).

b. Liquide. $d_{20/20} = 1,484$, $n_{578} = 1,4161$.

Rotation spécifique......... $[\Lambda] = 4,01.10^{-6}$.

(Les mesures de Becquerel donnent 3,68 10^{-6} pour $\lambda = 589^{m\mu}$.)

Dispersions.................. 1,13 (5), (546).

Rotativité moléculaire...... $[\Lambda]_M = 4,01.10^{-6} \times 170 = 68,15.10^{-5}$.

On en déduit

$$[\Omega]_M = [\Lambda]_M \frac{9n}{(n^2+2)^2} = 68,15.10^{-5} \times 0,7945 = 54,15.10^{-5}.$$

L'accord est aussi satisfaisant que possible.

II. *Cyclohexane.* — C_6H_{12}.

a. Vapeur. $d_{mes} = 0,00277$, $p = 700^{mm}$, $t = 86°$.

Rotation double ($578^{m\mu}$)... 41′, $Hl = 570.10^3$ c. g. s.

Dispersions.................. 1,12 (546), 1,84 (436).

Rotation spécifique......... $[\Lambda] = [\Omega] = 3,857.10^{-6}$.

Rotativité moléculaire .... $[\Omega]_M = 31,8.10^{-5}$ (rad.).

b. Liquide. $d_{20/20} = 0,782$, $n_{578} = 1,4282$.

Rotation spécifique......... $[\Lambda] = 4,852.10^{-6}$

(Les mesures de Perkin donnent : $4,61.10^{-6}$ pour $\lambda = 589^{m\mu}$.)

Rotation moléculaire...... $[\Lambda]_M = 4,852.10^{-6} \times 84,1 = 40,75.10^{-5}$

On en déduit

$$[\Omega]_M = [\Lambda]_M \frac{9n}{(n^2+2)^2} = 40,75.10^{-5} \times 0,786 = 32,0.10^{-5}.$$

L'accord est encore excellent. Rappelons que la rotativité ainsi mesurée concorde très bien avec la valeur calculée théoriquement à partir du nombre exact des électrons de *valence*, $p = 36$.

En résumé, il est hors de doute que l'effet global du champ de polarisation électro-optique se trouve fortement atténué dans $TiCl_4$, et, vraisemblablement, dans les autres corps présentant une dispersion rotatoire exceptionnelle.

A ce propos, nous signalerons que la rotation de *l'ion* $\overset{++++}{Ti}$ (ou $\overset{++}{TiO}$), en solution, paraît elle-même *négative*, beaucoup moins toutefois que celle de l'ion *cérique* ($CeCl^3$), mais beaucoup plus que celle de l'ion *zirconium* (nitrate et sulfate).

M. René Barthélemy fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. H. Delaby, intitulé *Principes fondamentaux de Télévision*, dont il a écrit la *Préface*.

DÉSIGNATIONS.

MM. Émile Cotton et Maurice Gignoux sont délégués à l'inauguration du Monument élevé à la mémoire du Doyen René Gosse et de son fils Jean, qui aura lieu à Grenoble, le 31 octobre 1948.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la Cérémonie commémorative du Centenaire de la naissance de S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco, qui aura lieu à l'Institut Océanographique, le 6 novembre 1948.

Le Comité d'organisation annonce que le premier Congrès International de Biochimie aura lieu à Cambridge (Angleterre), du 19 au 25 août 1949.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Vène. *Les matières premières de synthèse. — Les Plastiques.*

2° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1949, Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des Marins.

3° Publications techniques de l'Institut Géographique National. *Historique de la Cartographie de la nouvelle Carte de France*, par M. Huguenin.

4° Pio Niro. *Nuevas demostraciones de la corpuscularidad de la luz.*

5° *The Japanese medical Journal*, Volume I, Number 1.

6° The Institution of Mechanical Engineers. Automobile Division. *Proceedings* 1947-48, Part I.

THÉORIE DES GROUPES. — *Le produit complet des groupes de permutations et le problème d'extension des groupes.* Note de MM. Léo Kaloujnine et Marc Krasner, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ des groupes de permutations (dont les unités seront notées $e_1, e_2, \ldots, e_s$) des ensembles $M_1, M_2, \ldots, M_s$ et $M = M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_s$ le produit (au sens de la théorie des ensembles) des $M_1, M_2, \ldots, M_s$, c'est-à-dire l'ensemble des suites $x = (x_1, x_2, \ldots, x_s)$, où, pour tout $i = 1, 2, \ldots, s$ (i sera toujours, dans la suite, un entier $1 \leqq i \leqq s$), x_i parcourt M_i. x_i sera dit

la $i^{\text{ième}}$ coordonnée de x et sera aussi noté $(x)_i$. Considérons l'ensemble $\mathcal{G}$ des applications $\sigma=\{x=(x_1, x_2, \ldots, x_s)\rightarrow((\sigma x)_1, (\sigma x)_2, \ldots, (\sigma x)_s)\}$ de M dans M telles que : 1° pour tout i, $(\sigma x)_i$ ne dépende que des $x_1, x_2, \ldots, x_i$; 2° pour les $x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}$ fixes, $\sigma_i=\{x_i\rightarrow(\sigma x)_i\}$ soit une permutation de M_i appartenant à Γ_i. On démontre que $\mathcal{G}$ est un groupe de permutations de M que nous appelons le *produit complet des groupes de permutations* $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ et que nous notons $\mathcal{G}=\Gamma_1\circ\Gamma_2\circ\ldots\circ\Gamma_s$. $\mathcal{G}$ est transitif si, et seulement si tous les Γ_i le sont (ce qui sera supposé dans la suite). Si, pour un i, on identifie $((x_1, x_2, \ldots, x_i), (x_{i+1}, x_{i+2}, \ldots, x_s))$ avec $(x_1, x_2, \ldots, x_s)$, on montre qu'on a $(\Gamma_1\circ\Gamma_2\circ\ldots\circ\Gamma_i)\circ(\Gamma_{i+1}, \Gamma_{i+2}, \ldots \Gamma_s)=\Gamma_1\circ\Gamma_2\circ\ldots\circ\Gamma_s$. La composition complète des groupes de permutations est associative, mais n'est pas commutative.

Choisissons un élément $m=(m_1, m_2, \ldots, m_s)$ de M, qui en sera dit l'*élément distingué*. Soit, pour tout i, $\mathcal{G}_i\langle m\rangle\subset\mathcal{G}$ le groupe de toutes les permutations $\sigma\in\mathcal{G}$ qui conservent les i premières coordonnées de m (autrement dit, si $j\leq i$, on a $(\sigma m)_j=m_j$). La suite $\mathcal{G}=\mathcal{G}_0\langle m\rangle\supset\mathcal{G}_1\langle m\rangle\supset\ldots\supset\mathcal{G}_s\langle m\rangle$ sera dite la *m-suite* de $\mathcal{G}$. De même, pour un sous-groupe G de $\mathcal{G}$, on donnera le même nom à la suite des $G_i\langle m\rangle=G\cap\mathcal{G}_i\langle m\rangle$. Un sous-groupe h d'un groupe H sera dit *anti-invariant* dans H s'il ne possède d'autre sous-groupe que l'unité qui soit invariant dans H. Supposons que G soit transitif. Alors, on constate que $G_s\langle m\rangle$ est anti-invariant dans G. Sous la même hypothèse $\{\sigma G_i\langle m\rangle\rightarrow(\sigma m)_i\}$ (où σ parcourt $G_{i-1}\langle m\rangle$) est pour tout i, une application biunivoque de l'ensemble $G_{i-1}\langle m\rangle/G_i\langle m\rangle$ des classes à droite dans $G_{i-1}\langle m\rangle$ suivant $G_i\langle m\rangle$ sur M_i, et, pour tout $\tau\in G_{i-1}\langle m\rangle$, $\{\{\sigma G_i\langle m\rangle\rightarrow\tau\sigma G_i\langle m\rangle\}\rightarrow\{(\sigma m)_i\rightarrow(\tau\sigma m)_i\}\}$ (où σ parcourt $G_{i-1}\langle m\rangle$) est une application biunivoque de la représentation de $G_{i-1}\langle m\rangle$ à l'aide de son sous-groupe $G_i\langle m\rangle$ sur un sous-groupe transitif $\overline{\Gamma}_i$ de Γ_i. Ces applications, considérées comme identifications, sont appellées *m-identifications*.

Soient H et H′ deux groupes, possédant les suites $H=H_0\supset H_1\supset\ldots\supset H_s$ et $H'=H'_0\supset H'_1\supset\ldots\supset H'_s$ de leurs sous-groupes telles que : *a*. H_s, H'_s soient anti-invariants dans H, H′; *b*. pour tout i, H_{i-1}/H_i et H'_{i-1}/H'_i soient identifiés avec un même ensemble M_i, de manière que H_i, H'_i soient identifiés avec un même $m_i\in M_i$. Cette identification, si on l'étend aux permutations des ensembles identifiés, identifie les représentations des H_{i-1}, H'_{i-1} à l'aide des H_i, H'_i avec des groupes transitifs de permutations $\overline{\Gamma}_i$, $\overline{\Gamma}'_i$ de M_i. Un isomorphisme de H sur H′ sera dit un $(M_1, M_2, \ldots, M_s)$-*isomorphisme* s'il respecte, pour tout i, les identifications précédentes des H_{i-1}/H_i et H'_{i-1}/H'_i avec M_i et si les applications de M_i induites, en vertu de cette identification, par les éléments correspondants des H_{i-1}, H'_{i-1} sont les mêmes (d'où $\overline{\Gamma}_i=\overline{\Gamma}'_i$).

Si $\overline{\Gamma}_i$ est un sous-groupe de Γ_i et si $m=(m_1, m_2, \ldots, m_s)$, on démontre le

THÉORÈME I. — *Il existe un* $(M_1, M_2, \ldots, M_s)$-*isomorphisme* η *de* H *sur un*

sous-groupe transitif G *de* $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ *relativement aux m-identifications.*

Pour démontrer cette affirmation, on choisit, pour tout i et pour tout $x_i \in M_i$, un élément $\rho(x_i) \in H_{i-1}$, appartenant à la classe suivant H_i identifiée avec x_i et telle que $\rho(m_i)$ soit l'unité de H. Tout $X \in H/H_s$ s'écrit univoquement $X = \rho(x_1)\rho(x_2), \ldots, \rho(x_s)H_s$. On pose $\theta_\rho X = (x_1, x_2, \ldots, x_s) \in M$ et l'on démontre que l'application η_ρ définie, pour tout $\sigma \in H$, par $\eta_\rho \sigma = \{\theta_\rho X \to \theta_\rho \sigma X\}$ est un isomorphisme de la forme cherchée de H dans $\mathcal{G}$.

Soit $\mathcal{G}_i^* < m >$ le plus grand sous-groupe de $\mathcal{G}_i < m >$ invariant dans $\mathcal{G}_{i-1} < m >$. On a le

THÉORÈME II. — *Un isomorphisme* η *d'un sous-groupe transitif* $G \subseteq \mathcal{G}$ *sur un sous-groupe transitif* $G' \subseteq \mathcal{G}$ *est un* $(M_1, M_2, \ldots, M_s)$ *isomorphisme (relativement aux m-identifications), si et seulement s'il est induit par l'automorphisme intérieur* $\sigma \to \lambda\sigma\lambda^{-1}$ *de* $\mathcal{G}$, *où* $\lambda \in \mathcal{G}^0 < m > = \cap_i \mathcal{G}_i^* < m >$.

Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$, s groupes abstraits, considérés, par identification avec leurs représentations régulières, comme groupes de permutations des ensembles $\Gamma_1, \ldots, \Gamma_s$. Dans ce cas spécial (auquel on se bornera dorénavant), $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ est dit le *produit complet des groupes abstraits*. Pour ce concept, les notions et les résultats énoncés plus haut se précisent comme suit : on choisit comme élément distingué l'élément $e = (e_1, e_2, \ldots, e_s)$ et la e-suite de $G \subseteq \mathcal{G}$ est dite *canonique* (et l'on écrit G_i au lieu de $G_i < e >$). De même, les e-identifications sont dites canoniques. Pour tout i, G_i est invariant dans G_{i-1}. G est transitif si, et seulement si, pour tout i, on a $\overline{\Gamma}_i = \Gamma_i$.

$H = H_0 \supset H_1 \supset \ldots \supset H_s$, $H' = H'_0 \supset H'_1 \supset \ldots \supset H'_s$ étant des suites de sous-groupes des groupes H, H' telles que : α. pour tout i, H_i, H'_i soient invariants dans H_{i-1}, H'_{i-1}, et H_s, H'_s soient anti-invariants dans H, H'; β. pour tout i, H_{i-1}/H_i et H'_{i-1}/H'_i soient identifiés, en tant que groupes, avec un même groupe abstrait Γ_i, un isomorphisme de H sur H' est dit un $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-*isomorphisme* s'il respecte ces identifications. Le théorème I établit l'existence d'un tel isomorphisme de H dans $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \ldots \circ \Gamma_s$ (avec ses identifications canoniques), et le théorème II, où $\mathcal{G}^0 < m >$ devient $\mathcal{G}_s$, donne un critère de $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-isomorphie des sous-groupes transitifs de $\mathcal{G}$.

Pour $s = 2$, on peut déterminer les sous-groupes transitifs G de $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2$ tels que G_s soit l'unité (nous les appelons *schreieriens*). Cette détermination fait apparaître les systèmes de facteurs de Schreier ([1]), et en met en évidence une autre signification, qui n'était pas connue. D'autre part, le théorème II fournit les *Trasformationsgrössen* ([1]). Ainsi, les théorèmes I et II donnent, dans ce cas spécial, une nouvelle solution du problème de Schreier. Pour $s > 2$, la détermination des sous-groupes schreieriens n'est pas, en principe, plus difficile, mais conduit à des calculs actuellement inextricables.

Un exposé détaillé de la théorie esquissée sera publié ailleurs.

([1]) *Voir* ZASSENHAUS, *Lehrbuch der Gruppentheorie*, Leipzig, 1937.

THÉORIE DES GROUPES. — *Les distributions dans les groupes abéliens localement compacts.* Note (*) de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous reprenons les notations de notre précédente Note. De plus, $\mathcal{D}_\Omega$ désignera le sous-espace de $\mathcal{D}$ des fonctions nulles en dehors de compacts contenus dans Ω.

Dans chaque $\mathcal{D}_C$ on considérera la topologie d'espace vectoriel localement convexe définie à l'aide de toutes les semi-normes

$$\|f\|_{D_1, D_2, \ldots D_n} = \sup_x |D_1 f(x)| + \ldots + \sup_x |D_n f(x)|,$$

où les $D_1, \ldots, D_n$ sont des opérateurs de dérivation d'ordre quelconque ou l'opérateur identique. Donc, dans un $\mathcal{D}_C$ des $f \to 0$, si elles convergent uniformément vers zéro ainsi que chacune de leurs dérivées.

Définition. — Les formes linéaires sur $\mathcal{D}$ continues sur chacun des $\mathcal{D}_C$ sont, par définition, les distributions sur G ([1]).

Au lieu de considérer des distributions définies sur $\mathcal{D}$, on pourrait plus généralement considérer des formes linéaires définies sur $\mathcal{D}_\Omega$ et continues sur chacun des $\mathcal{D}_C$ avec $C \subset \Omega$; on dira alors que la distribution est définie sur $\mathcal{D}_\Omega$. Dans ces conditions on a le :

Théorème 1. — *Si des distributions* $(T_\lambda)_{\lambda \in L}$ *sont définies respectivement sur les* $(\Omega_\lambda)_{\lambda \in L}$ *formant un recouvrement ouvert relativement compact et localement fini et si chaque fois que* $f \in \mathcal{D}_{\Omega_\lambda} \cap \mathcal{D}_{\Omega_\mu}$ *on a* $T_\lambda(f) = T_\lambda(\mu)$, *alors il existe une distribution et une seule définie sur* $\mathcal{D}_\Omega$ *ou* $\Omega = \bigcup_{\lambda \in L} \Omega_\lambda$ *et coïncidant avec* T_λ *dans* $\mathcal{D}_{\Omega_\lambda}$.

En particulier, si une distribution T est nulle dans tous les ouverts Ω_λ, elle sera nulle dans leur réunion. D'où la notion de noyau d'une distribution : c'est le plus petit ensemble fermé, tel que la distribution considérée s'annule pour toute fonction à support contenu dans son complémentaire.

Il est possible de préciser la forme générale des distributions dans les sous-espaces $\mathcal{D}_C$. Si $\mu(x)$ désigne une mesure sur G, et si D est un opérateur de dérivation (pouvant se réduire à l'identité), l'expression

$$T(f) = \int (Df)\, d\mu(x)$$

est une distribution particulière que l'on appellera une dérivée de mesure. On a alors le :

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) Ces résultats ne sont que l'extension aux groupes abéliens localement compacts d'une partie des résultats de M. Schwartz dans le cas $G = R^n$.

THÉORÈME 2. — *Dans tout $\mathcal{D}_c$, toute distribution est une combinaison linéaire de dérivées de mesures.*

Quant aux distributions elles-mêmes on peut en munir leur ensemble $\mathcal{D}'$, qui est un espace vectoriel sur le corps des complexes, d'une topologie d'espace vectoriel localement convexe comme suit :

Soit A une famille de $f \in \mathcal{D}$, nulles en dehors d'un même compact, bornées dans leur ensemble et également continues, ainsi que chacune de leurs dérivées. A toute famille A et à tout $\varepsilon > 0$ on associe dans $\mathcal{D}'$ le voisinage $V(A, \varepsilon)$ des T telles que

$$|T(f)| < \varepsilon \quad \text{pour toute } f \in A.$$

Soit $\mathcal{E}$ l'ensemble des fonctions continues indéfiniment dérivables à dérivées continues. Toute $\varphi \in \mathcal{E}$ définit une distribution

$$\varphi(f) = \int \varphi f \, dx.$$

On peut donc considérer $\mathcal{E}$ comme contenu dans $\mathcal{D}'$ et l'on a le :

THÉORÈME 3. — *$\mathcal{E}$ est partout dense dans $\mathcal{D}'$.*

On peut établir ce théorème en montrant, à l'aide du théorème 2 et en introduisant une partition de l'unité en fonctions de $\mathcal{D}$, que si $\rho \in \mathcal{D}$, alors $T \star \rho(f) \equiv T(\rho \star f)$ est une fonction, puis en montrant que l'on peut choisir ρ de telle façon que dans $\mathcal{D}'$, $T \star \rho$ soit arbitrairement voisin de T.

Ce théorème permet d'étendre par continuité à l'espace $\mathcal{D}'$ tout entier certaines opérations définies sur $\mathcal{E}$, telles que par exemple la dérivation. Elle s'obtient d'ailleurs par la formule

$$d_r T(f) = T(-d_r f),$$

ce qui permet d'attribuer une dérivée à toutes les fonctions sommables sur tout compact; cette dérivée étant évidemment en général une distribution. Il se peut d'ailleurs que si la dérivée existe au sens ordinaire du mot elle ne coïncide pas avec la dérivée au sens distribution, mais pour toute $f \in \mathcal{D}$ les deux définitions coïncident. Tout ceci résulte du fait que si $f \in \mathcal{D}$, on a pour toute représentation

$$\int d_r f(x) \, dx = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des noyaux réciproques.* Note (*) de M. MAURICE PARODI, présentée par M. Henri Villat.

Un noyau $K(t, x)$ est dit réciproque si la relation

$$(1) \qquad g(t) = \int_0^\infty K(t, x) f(x) \, dx$$

(*) Séance du 18 octobre 1948.

entraîne

$$(2)\qquad f(t)=\int_0^\infty K(t,x)\,g(x)\,dx,$$

et réciproquement.

Nous nous proposons de donner une propriété de ces noyaux qui facilite leur détermination et généralise des résultats que nous avons donnés antérieurement (¹).

Supposons une transformation fonctionnelle de la forme

$$(3)\qquad \varphi(p)=\int_0^\infty \Phi(p,t)\,f(t)\,dt,$$

qui fait correspondre à une fonction $f(t)$ une fonction $\varphi(p)$, par l'intermédiaire de la fonction $\Phi(p,t)$, dans la mesure où l'intégrale (3) a un sens; nous poserons symboliquement

$$\varphi(p)\underset{\Phi}{\subset} f(t),\qquad f(t)\underset{\Phi}{\supset}\varphi(p).$$

Appliquons aux deux membres des équations (1) et (2) la transformation (3); en admettant la convergence des intégrales et en posant $\theta(p)\underset{\Phi}{\subset} g(t)$, $\varphi(p)\underset{\Phi}{\subset} f(t)$ nous obtenons

$$(1')\qquad \theta(p)=\int_0^\infty \Phi(p,t)\,dt\int_0^\infty K(t,x)\,f(x)\,dx=\int_0^\infty f(x)\,dx\int_0^\infty \Phi(p,t)\,K(t,x)\,dt,$$

$$(2')\qquad \varphi(p)=\int_0^\infty \Phi(p,t)\,dt\int_0^\infty K(t,x)\,g(x)\,dx=\int_0^\infty g(x)\,dx\int_0^\infty \Phi(p,t)\,K(t,x)\,dt,$$

en admettant la possibilité de l'interversion de l'ordre des intégrations.

Imaginons que $K(t,x)$ soit d'une forme telle que l'on ait

$$(4)\qquad K(t,x)\underset{\Phi}{\supset}\rho(p)\,\Phi[\psi(p),x],$$

$\psi(p)$ étant *périodique d'ordre deux* : $\psi\psi(p)=p$.

Les équations (1′) et (2′) prennent les formes

$$(1'')\qquad \theta(p)=\rho(p)\int_0^\infty \Phi[\psi(p),x]\,f(x)\,dx=\rho(p)\,\varphi[\psi(p)],$$

$$(2'')\qquad \varphi(p)=\rho(p)\int_0^\infty \Phi[\psi(p),x]\,g(x)\,dx=\rho(p)\,\theta[\psi(p)].$$

Compte tenu de ce que $\psi(p)$ est périodique d'ordre 2 et en supposant satisfaite la relation complémentaire

$$(5)\qquad \rho(p)\,\rho[\psi(p)]=1,$$

les équations (1″) et (2″) seront équivalentes.

(¹) M. PARODI, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1877.

Ainsi, si $K(t, x) \underset{\Phi}{\supset} \rho(p)\Phi[\psi(p), x]$ avec $\rho(p)\rho[\psi(p)] = 1$; les relations (1) et (2) seront vérifiées simultanément : *un noyau réciproque est donc tel, qu'étant donnée une fonction $\Phi(p, t)$, il est solution de l'équation intégrale*

$$(4') \qquad \int_0^\infty \Phi(p, t) K(t, x)\, dt = \rho(p)\Phi[\psi(p), x],$$

$\psi(p)$ *étant périodique d'ordre 2 et* $\rho(p)$ *satisfaisant à l'équation* (5)

Cette remarque permet de construire des noyaux réciproques : il suffit de fixer $\Phi(p, t)$, $\psi(p)$ et $\rho(p)$, puis de résoudre l'équation intégrale (5').

Le noyau $\Phi(p, t)$ étant arbitraire, notons que l'on peut le choisir de façon qu'il soit lui-même réciproque; dans ces conditions la solution de (4') s'écrit

$$K(t, x) = \int_0^\infty \Phi(t, z)\rho(z)\Phi[\psi(z), x]\, dz$$

qui, si l'intégrale converge, représente également un noyau réciproque.

Donnons des exemples.

a. Soit

$$\Phi(p, t) = \cos pt, \qquad \psi(p) = 1 - p, \qquad \rho(p) = e^{1-2p};$$

ψ est périodique d'ordre 2 et l'on a $\rho(p)\rho(1-p) = 1$; le noyau réciproque correspondant est par suite

$$k(t, x) = \frac{2e}{\pi}\int_0^\infty e^{-2z} \cos tz \cos(1 - z)x\, dz.$$

b. Soit

$$\Phi(p, t) = p^{\frac{\nu}{2}} t^{-\frac{\nu}{2}} J_\nu(2\sqrt{pt}), \qquad \psi(p) = \frac{1}{p}, \qquad \rho(p) = \frac{1}{p^\lambda}.$$

On a

$$\psi\psi(p) = p, \qquad \rho(p)\rho[\psi(p)] = 1$$

et le noyau réciproque s'écrit

$$k(t, x) = t^{\frac{\nu}{2}} x^{-\frac{\nu}{2}} \int_0^\infty \frac{J_\nu(2\sqrt{tz})\, J_\nu\left(2\sqrt{\frac{x}{z}}\right)}{z^{\lambda+\nu}}\, dz$$

à condition que λ et ν soient tels que l'intégrale converge :

$$\nu > 0, \qquad \frac{3}{4} - \frac{3\nu}{2} < \lambda < \frac{3}{4} - \frac{\nu}{2}.$$

c. De même, on montrerait que

$$K(t, x) = \frac{t^{+\frac{\nu}{2}}}{\Gamma(-\nu - 1)} \int_x^\infty \frac{J_\nu(2\sqrt{tz})}{z^{\frac{3}{2}\nu + 2}}\, dz$$

avec

$$-\frac{2}{3} < \nu < 0,$$

est réciproque.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Inégalités relatives à la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans le cercle unité.* Note (*) de M. **E. F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous appliquons la méthode de nos précédentes Notes ([1]) au cas d'une fonction méromorphe dans le cercle $|z|<1$. Les résultats obtenus sont analogues à ceux du cas parabolique avec la différence due au fait que le lemme d'Iversen n'est pas applicable.

Nous conserverons les définitions des Notes précédentes en substituant, lorsque ce sera nécessaire, la limite $r=1$ à $r=R$. Ainsi, par exemple, nous écrirons

$$\bar{I}[\sigma(r), f]=\overline{\lim_{r=1}}\frac{\overset{+}{\log}\dfrac{1}{\sigma(r)}}{T(r, f)}.$$

2. Le théorème principal s'énonce ainsi :

Théorème. — *Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans $|z|<1$, $T(r, f)$ étant non borné; si $\sigma(r)$ est une fonction r non croissante dans $0\leq r<1$ et a un nombre complexe quelconque, fini ou infini, on se trouve dans l'un des cas suivants :*

(*i*). *$r=1$ n'est pas point limite de $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$ et on a les inégalités*

$$(1)\quad\begin{cases}(a)\quad \Delta(a)\leq\pi\overline{\lim_{r=1}}\dfrac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)}+\bar{I}[\sigma(r), f],\\ (b)\quad \delta(a)\leq\pi\overline{\lim_{r=1}}\dfrac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)}+\underline{I}[\sigma(r), f],\\ (c)\quad \delta(a)\leq\pi\underline{\lim_{r=1}}\dfrac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)}+\bar{I}[\sigma(r), f].\end{cases}$$

(*ii*). *$r=1$ est point limite des deux ensembles $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$ et $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$, et pour $r'\in\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$, on a*

$$\delta(a)\leq\pi\underline{\lim_{r'=1}}\frac{P[r', a, \sigma(r')]}{T(r', f)}+\bar{I}[\sigma(r), f],$$
$$\leq\pi\overline{\lim_{r=1}}\frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)}+\bar{I}[\sigma(r), f].$$

(*iii*). *$r=1$ n'est pas point limite de $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$.*

La démonstration reste la même avec de petites différences.

Nous avons démontré que, *si $r=1$ est point limite de $E=E[a, \sigma(r), p(r)]$, on a, pour $r\in E$,*

$$m(r, a)<[\pi+o(1)]p(r)+\overset{+}{\log}\frac{1}{\sigma(r)}(r)+O(1).$$

(*) Séance du 11 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 615, 709 et 749.

Ce résultat donne comme corollaires les deux lemmes suivants :

LEMME 1. — *Étant données les fonctions $\sigma(r)$ et $p(r)$ et un nombre complexe a, si l'une des inégalités*

$$\Delta(a) > \pi \overline{\lim_{r=1}} \frac{p(r)}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f],$$

$$\delta(a) > \pi \overline{\lim_{r=1}} \frac{p(r)}{T(r, f)} + \underline{I}[\sigma(r), f],$$

est satisfaite, $r=1$ est point limite de $\mathcal{C}E[a, \sigma(r), p(r)]$.

LEMME 2. — *Étant données $\sigma(r)$, $p(r)$ et un nombre complexe a, si*

$$\delta(a) > \pi \overline{\lim_{r=1}} \frac{p(r)}{T(r, f)} + \bar{I}[\sigma(r), f],$$

$r=1$ n'est pas un point de limite de $E[a, \sigma(r), p(r)]$.

Supposons $0 \leqq \bar{I}[\sigma(r), f] < \Delta(a)$ et choisissons $p(r)$ telle que

$$(2) \qquad \pi \lim_{r=1} \frac{p(r)}{T(r, f)} = \Delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon,$$

où $\varepsilon > 0$ est arbitrairement faible. Donc, d'après le lemme 1, $r=1$ est point limite de $\mathcal{C}E[a, \sigma(r), p(r)]$. Mais, si $r=1$ n'est pas point limite de $\mathcal{C}\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$, il s'ensuit que, pour $r' \in \mathcal{C}E[a, \sigma(r), p(r)]$ et assez voisin de $r=1$,

$$P[r', a, \sigma(r')] > p(r').$$

Parce qu'autrement il y aurait au moins un domaine $G[r', a, \sigma(r')]$ non borné. Donc

$$\pi \overline{\lim_{r=1}} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq \pi \overline{\lim_{r'=1}} \frac{P[r', a, \sigma(r')]}{T(r', f)} \geqq \pi \lim_{r'=1} \frac{p(r')}{T(r', f)} = \Delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon,$$

ce qui démontre (1) (a). On déduit (1) (b) du lemme 1 et (1) (c) du lemme 2 en égalant le premier membre de (2) à $\delta(a) - \underline{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon$ ou à $\delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon$.

Pour démontrer (ii) nous observerons que, si nous choisissons $p(r)$ tel que $\lim[p(r)/T(r, f)] = \delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f] - \varepsilon$ nous aurons, d'après le lemme 1, $r=1$ comme point limite de $E[a, \sigma(r), p(r)]$, donc tous les points de $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$ suffisamment proches de $r=1$ seront des points de l'ensemble produit $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]. \mathcal{C}E[a, \sigma(r), p(r)]$ dans lequel $P[r, a, \sigma(r)] > p(r)$. D'où, en écrivant $r' \in \mathcal{E}[a, \sigma(r)]$,

$$\pi \overline{\lim_{r=1}} \frac{P[r, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq \pi \lim_{r'=1} \frac{P[r', a, \sigma(r')]}{T(r', f)} \geqq \pi \lim_{r'=1} \frac{p(r')}{T(r', f)} = \delta(a) - \bar{I}[\sigma(r), f) - \varepsilon.$$

3. Les relations métriques sont encore de forme analogue à celles relatives au cas parabolique, mais avec cette importante différence qu'elles ne sont valables que dans l'ensemble $\mathcal{E}[a, \sigma(r)]$. Supposons, par exemple, que $r=1$ ne

soit pas point limite de $\mathcal{CE}[a, \sigma(r)]$, que $\delta(a) > 0$ et que $\sigma(r)$ ait pour indice $\bar{I}[\sigma(r), f) = \vartheta\delta(a)$, avec $0 \leqq \vartheta < 1$, on aura alors

$$\pi \varlimsup_{r=1} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq (1 - \vartheta)\, \delta(a) > 0.$$

En résumé, notre théorème montre que, si $\delta(a) > 0$ et $\bar{I}[\sigma(r), f] < \delta(a)$, toute circonférence $|z| = r$ intercepte, quand $r \to 1$ soit un domaine $G[r, a, \sigma(r)]$ *non borné*, soit un domaine $G[r, a, \sigma(r)]$ *borné* où la valence de $f(z)$ est de l'ordre de grandeur de $T(r, f)$.

TOPOLOGIE. — *Sur le* second obstacle *d'un champ d'éléments de contact dans une structure fibrée sphérique.* Note (*) de M. **Wu Wen-Tsun**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons une structure fibrée $\mathfrak{F}$ sur la base K et de fibre F. Supposons que les deux premiers groupes d'homotopie non nuls de F soient $\pi_{h-1}(F)$ et $\pi_{k-1}(F)\, k > h > 1$. Définissons un *champ* (section) $\{\varphi\}$ sur le squelette K^0 et étendons-le, pas à pas aux squelettes $K^1, K^2, \ldots$, jusqu'à K^{h-1}. On rencontre alors une difficulté et l'on obtient un cocycle h-dimensionel z^h à coefficients $\in \pi_{h-1}(F)$. La classe ζ^h de z^h, appelée le *premier obstacle*, est indépendant du champ $\{\varphi\}$ particulier et sa nullité est une condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'un certain champ sur K^h. Soit alors $\zeta^h = 0$ et $\{\varphi\}$ un tel champ sur K^h. On peut étendre $\{\varphi\}$ aux $K^{h+1}, \ldots, K^{k-1}$ et l'on obtient un cocycle z^k à coefficients $\in \pi_{k-1}(F)$. La classe ζ^k de z^k s'appelle le *deuxième obstacle* associé au champ $\{\varphi\}$. Cette classe dépend du champ $\{\varphi\}$ défini et le problème de déterminer les relations entre les divers deuxièmes obstacles a fait l'objet de recherches récentes de topologie algébrique, mais n'est résolu que dans des cas particuliers (1). Nous nous proposons d'étudier dans cette Note le deuxième obstacle d'un champ de m-éléments (ou éléments de contact de dimension m) dans une structure fibrée sphérique $\mathfrak{S}^{(n-1)}$ de fibre S^{n-1}, ou, ce qui revient au même, d'un champ dans une structure fibrée associée dont la fibre est une variété grassmannienne. Notre méthode s'appuie sur un théorème de H. Whitney, à savoir le suivant (2) :

Soient $\mathfrak{S}_1^{(n_1-1)}$ et $\mathfrak{S}_2^{(n_2-1)}$ deux structures fibrées sphériques sur la même base K et $\mathfrak{S}_0^{(n_0-1)} = \mathfrak{S}_1^{(n_1-1)} \cup \mathfrak{S}_2^{(n_2-1)} (n_0 = n_1 + n_2)$ leur *produit* défini de manière que la sphère $S_0(p)$ dans $\mathfrak{S}_0$ sur $p \in K$ soit le joint des sphères $S_1(p)$ et $S_2(p)$ dans $\mathfrak{S}_1$ et $\mathfrak{S}_2$. Soient $W_2(\mathfrak{S}_i) = 1 + W_2^1(\mathfrak{S}_i).t + \ldots + W_2^{n_i}(\mathfrak{S}_i).t^{n_i}\, (i = 0, 1, 2)$ le polynome caractéristique de $\mathfrak{S}_i$, où $W_2^k(\mathfrak{S}_i)$ sont les classes caractéristiques

(*) Séance du 18 octobre 1948.

(1) N. E. Steenrod, *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 290-320 ; H. Hopf, *Colloque de Topologie algébrique*, Paris, 1947. Voir aussi Note (4).

(2) *Michigan Lectures*, p. 132.

réduites mod 2 de $\mathfrak{S}_i$ au sens de Stiefel-Whitney et 1 la I_2-classe unitée o-dimensionnelle (I_m = groupe d'entiers mod m). Alors

$$W_2(\mathfrak{S}_0) = W_2(\mathfrak{S}_1) \cup W_2(\mathfrak{S}_2).$$

2. Étudions d'abord le cas d'éléments linéaires non orientés [3] dans $\mathfrak{S}^{(n-1)}$ sur $K(n > 2)$. Le premier obstacle est nul et le deuxième obstacle est donc défini. Soit ζ^n (à coefficients $\in I_0$) le deuxième obstacle associé à un champ $\{\varphi\}$ d'éléments linéaires non orientés sur K^{n-1}. Soit $\{\psi\}$ un autre champ déduit d'un champ de vecteurs. L'obstacle de *coïncidence* de $\{\varphi\}$ et $\{\psi\}$ est une I_2-classe ξ_2^1 de dimension 1 qui ne dépend, en réalité, que de $\{\varphi\}$. La classe ζ_2^n, déduite de ζ^n par réduction mod 2, s'exprime alors en fonction de ξ_2^1 et des classes caractéristiques $W_2^\kappa = W_2^\kappa(\mathfrak{S}^{(n-1)})$ par

$$(1) \qquad \zeta_2^n = (\xi_2^1)^n + W_2^1(\xi_2^1)^{n-1} + \ldots + W_2^{n-1}\xi_2^1 + W_2^n.$$

la multiplication et la puissance étant le $\cup$ produit.

Pour le démontrer, considérons une structure fibrée sphérique $\mathfrak{S}^{(0)}$ *simple* sur la base K et formons le produit : $\mathfrak{S}^{(n)} = \mathfrak{S}^{(n-1)} \cup \mathfrak{S}^{(0)}$. Le champ $\{\varphi\}$ donné n'est défini que sur K^{n-1}, mais, considéré comme un champ dans $\mathfrak{S}^{(n)}$, s'étend sur le squelette K^n qui définit alors d'une manière évidente une structure fibrée sphérique $\mathfrak{S}_1^{(0)}$ sur la base K^n. Soit $\mathfrak{S}_1^{(n-1)}$ la structure sur K^n définie par un champ de n-éléments dans $\mathfrak{S}^{(n)}$ complètement orthogonaux à $\{\varphi\}$. Alors $\mathfrak{S}^{(n)}/K = \mathfrak{S}_1^{(0)} \cup \mathfrak{S}_1^{(n-1)}$.

En appliquant le théorème de Whitney et en remarquant que $W_2(\mathfrak{S}^{(0)}) = 1$, on aura :

$$W_2(\mathfrak{S}^{(n-1)}) = W_2(\mathfrak{S}^{(n)}) = W_2(\mathfrak{S}_1^{(0)}) \cup W_2(\mathfrak{S}_1^{(n-1)}),$$

ou

$$(2) \qquad 1 + W_2^1 t + \ldots + W_2^n t^n = (1 + \xi_2^1 t)(1 + \zeta_2^1 t + \ldots + \zeta_2^n t^n),$$

dont ξ_2^1 et ζ_2^n sont les mêmes que dans la formule (1). (1) est alors une conséquence de (2).

Dans le cas d'un champ d'éléments linéaires complexes dans une structure fibrée sphérique complexe la formule (1) devient [4]

$$\zeta^{2n} = (\xi^2)^n + C^2(\xi^2)^{n-1} + \ldots + C^{2n},$$

où C^{2k} sont les classes caractéristiques définies par S. Chern [5]. On le démontre par la même méthode, en utilisant une généralisation du théorème de Whitney.

3. Pour un champ de 2 éléments orientés dans $\mathfrak{S}^{(n-1)}(n > 4)$, le deuxième

---

(3) Le problème d'éléments linéaires non orientés m'a été posé par M. T. H. Kiang.

(4) La présente Note est inspirée par cette formule, due à M. Kundert, d'après une communication orale de M. H. Hopf.

(5) *Annals of Math.*, 47, 1946, p. 85-121.

obstacle ζ^{n-1}, qui est une 1_0- ou 1_2-classe selon que n est pair ou impair, est donné par les formules suivantes :

$$\zeta_2^{n-1} = \begin{cases} (\xi_2^2)^{\frac{n-1}{2}} + W_2^2(\xi_2^2)^{\frac{n-3}{2}} + \ldots + W_2^{n-1}, & n \text{ impair}, \\ W_2^1(\xi_2^2)^{\frac{n-2}{2}} + W_2^3(\xi_2^2)^{\frac{n-4}{2}} + \ldots + W_2^{n-1}, & n \text{ pair}, \end{cases}$$

où ξ_2^2 est une 1_2-classe quelconque, déduite d'une 1_0-classe par réduction mod 2. Dans le cas d'un champ de 2-éléments non orientés, le *troisième obstacle* ζ^{n-1}, réduit mod 2, s'exprime en termes de $W_2^k(\mathfrak{S}^{(n-1)})$ et deux indéterminées ξ_2^1 et ξ_2^2, mais les formules sont compliquées.

La méthode précédente s'applique de même aux champs de m-éléments ($m > 2$) dans quelques cas particuliers : par exemple, l'obstacle ζ^6 pour m-éléments ($m > 5$) dans $\mathfrak{S}^{(n-1)}(n = m + 5)$ et l'obstacle ζ^7 pour m-éléments ($2 < m \neq 6$) dans $\mathfrak{S}^{(n-1)}(n = m + 6)$. De même pour les champs d'éléments composés (figures constituées d'un système d'éléments deux à deux orthogonaux).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'équivalence des formes différentielles extérieures quadratiques à quatre variables.* Note de M. **Yen Chih Ta**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit Ω une forme différentielle extérieure quadratique à *quatre variables*, soit θ la forme de Pfaff définie par

$$d\Omega = [\theta\Omega].$$

Plusieurs cas peuvent se présenter

(*a*) $\theta = 0$, (*b*) $d\theta = 0$.

Dans ces deux cas, les Ω sont réductibles à des *formes canoniques* et ils admettent des groupes infinis de transformations [1]. On peut y ajouter un troisième cas.

(*c*) Théorème 1. — *Si* $\theta = 0$ *est complètement intégrable*, Ω *admet un groupe infini de transformations ponctuelles.*

Maintenant nous allons préciser des conditions pour qu'on puisse associer à Ω quatre formes de Pfaff invariantes. Nous dirons que Ω est du type général lorsque :

1° $d\theta$ est une forme différentielle *non dégénérée;* donc on peut réduire Ω et $d\theta$ simultanément, par une transformation linéaire sur les différentielles, aux formes

$$\Omega = [\omega^1\omega^2] + [\omega^3\omega^4],$$
$$d\theta = \lambda\{[\omega^1\omega^2] - [\omega^3\omega^4]\},$$

[1] *Voir* la note de M. Ehresmann et Mlle Libermann, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 420-421.

2° on suppose de plus ([2])

$$\theta = \omega^1 + \omega^3,$$

et 3°

$$d\lambda = \lambda_2 \omega^2 + \lambda_4 \omega^4, \quad \lambda_2 \lambda_4 \neq 0.$$

On voit alors que λ, λ_2, λ_4 sont des *invariants absolus*, et les quatre formes *sont déterminées d'une façon unique*. Les plans invariants définis par $\omega^1 = 0$, $\omega^2 = 0$ ou $\omega^3 = 0$, $\omega^4 = 0$ respectivement seront appelés les *plans caractéristiques*.

D'abord il faut remarquer que les conditions supposées plus haut peuvent être réalisées. Après avoir déterminé les quatre formes invariantes ω^1, ω^2, ω^3, ω^4 on applique la méthode générale de M. É. Cartan. Formant les différentielles extérieures de ces formes, on obtient donc les *invariants fondamentaux*

$$(4) \qquad d\omega^i = T^i_{jk} [\omega^j \omega^k] \qquad i, j, k = 1, 2, \ldots 4.$$

Puisque les ω^s vérifient nécessairement les conditions (1), (2), (3), les T^i_{jk} vérifient certaines relations algébriques. On trouve donc *douze invariants fondamentaux*, à savoir λ, λ_4, λ_2, $\lambda_{4,1}$, $\lambda_{4,3}$, $\lambda_{2,1}$, $\lambda_{2,3}$, $\lambda_{4,2} - \lambda_{2,4}$, T^1_{24}, T^2_{13}, T^2_{24}, T^2_{14}.

Théorème 2. — *Si une forme différentielle quadratique à quatre variables est générale, son problème d'équivalence peut être réduit au problème d'équivalence spécial d'un système de quatre formes de Pfaff. Dans ce cas on trouve douze invariants fondamentaux.*

Si l'on considère l'équation différentielle

$$(5) \qquad \Omega = 0,$$

on n'a plus de forme invariante θ et d'invariant λ, mais $d\theta$ reste invariant. Pourtant, on voit facilement que λ est un invariant *relatif* et, si Ω vérifie la condition (1), on peut le réduire à l'unité en multipliant Ω par un facteur convenablement choisi.

Supposons donc $\lambda = 1$. θ est alors une forme invariante de (5), de plus, il vérifie toujours la condition (2) qui est, dans le cas traité ici, équivalente à la suivante : *aucun des champs de plans caractéristiques n'est complètement intégrable.*

On démontre que $\omega^1 = 0$ (resp. $\omega^3 = 0$) est le système dérivé de $\omega^1 = 0$, $\omega^2 = 0$ (resp. $\omega^3 = 0$, $\omega^4 = 0$), on l'appelle *système dérivé du champ caractéristique* ([2]). Si le système $\omega^1 = 0$, $\omega^3 = 0$, qui définit des éléments intégraux de (5) que nous appellerons *éléments intégraux principaux, n'est pas complètement intégrable,* alors $T^1_{24} = -T^3_{24} \neq 0$; ce cas généralisé peut être réalisé. Déterminons ω^2 et ω^4 en imposant les conditions $T^1_{23} = -T^3_{41} = 0$, alors on a :

Théorème 3. — *Pour que le problème d'équivalence d'une équation différentielle extérieure quadratique $\Omega = 0$ soit réductible au problème d'équivalence spécial, il*

([2]) Par contre, dans le cas traité plus haut le système dérivé du champ caractéristique n'est jamais confondu avec $\omega^1 = 0$ ou bien $\omega^3 = 0$.

suffit que Ω vérifie la condition (1) *et que le champ des éléments intégraux principaux ne soit pas complètement intégrable. Ici on trouve neuf invariants fondamentaux.*

Enfin il ne semble pas inutile de remarquer que les conditions imposées dans le théorème 3 impliquent la suivante : aucun des champs de plans caractéristiques n'est complètement intégrable et n'est contenu dans un champ complètement intégrable d'éléments à trois dimensions.

Dans cette dernière hypothèse M. Vranceanu a montré qu'il existait une *connexion affine* associée aux *variétés non holonomes complémentaires* formées par les deux champs de plans caractéristiques. Mais nous voyons aussi facilement que l'existence de quatre formes invariantes peut être affirmée, lorsque l'on peut associer une connexion affine par la méthode de Vranceanu ([3]).

ÉLASTICITÉ. — *Nouvelle méthode de calcul des portiques étagés, à nœuds rigides, comportant un grand nombre d'étages et sollicités dans leur plan par des forces horizontales.* Note (*) de M. N. Selezneff, présentée par M. Albert Caquot.

Dans un portique à grand nombre d'étages de hauteur constante, l'écartement des poutres horizontales peut être considéré comme petit vis-à-vis de la hauteur totale de l'édifice.

Dès lors, dans le cas d'une sollicitation transversale quelconque du portique, les réactions élastiques d'appui des différentes poutres d'une même travée peuvent être supposées réparties d'une manière continue le long des colonnes adjacentes qu'elles relient.

En isolant une colonne quelconque du système global et en supposant cet élément en équilibre sous l'action de ses liaisons élastiques réparties, on peut établir l'équation différentielle de la déformée moyenne de ladite colonne.

L'intégration de cette équation différentielle permet de calculer analytiquement et d'une manière directe les déformations élastiques d'un nœud quelconque de la colonne isolée, sans devoir connaître les déformations des nœuds voisins.

Ces déformations étant communes, de par la rigidité des nœuds, aux poutres et aux montants qui concourent au nœud considéré, la sollicitation interne (M, N et T) de chacun de ces éléments est entièrement déterminée : il suffit d'introduire la valeur des déformations élastiques dans les formules fondamentales, bien connues, de résolution des cadres rigides.

Par cette transformation, il est possible de montrer que la sollicitation interne peut se déterminer par la seule connaissance des rotations des nœuds d'extrémités des barres.

([3]) *Mémorial Sc. Math.*, 76, 1936.

(*) Séance du 11 octobre 1948.

La solution du problème est relativement simple dans le cas du portique à deux colonnes égales, à moments d'inertie I_p des poutres I_h des colonnes, constante sur toute la hauteur de l'ossature.

Dans ce cas particulier et pour autant que le nombre d'étages soit suffisamment grand, il est possible d'établir des lignes d'influence spécifiques des rotations angulaires φ des nœuds, à n'importe quel niveau du portique.

La connaissance de ces lignes permet de résoudre élégamment le problème dans le cas de mises en charge extérieures horizontales quelconques.

L'intégration de ces lignes d'influence donne les valeurs des rotations φ des nœuds dans le cas de charges horizontales réparties suivant des lois simples.

Les formules auxquelles on aboutit sont complexes. Dans certains cas, cependant, elles se simplifient d'une manière très sensible.

De toute manière, elles peuvent se traduire en lignes d'influence spécifiques ou en abaques.

Ces graphiques s'établissent en fonction d'un coefficient sans dimension qui tient compte des caractéristiques élastiques et géométriques du portique. Ce coefficient, désigné par β et dénommé par l'auteur *coefficient de raideur d'ensemble*, caractérise entièrement le portique. Deux portiques différents ayant même coefficient β et sollicités par des charges homologues sont également homologues, au point de vue des déformations et sollicitations élastiques.

Lorsque dans le cas le plus général, le portique étagé comporte un nombre de colonnes supérieur à deux et quand, au surplus, les moments d'inertie I_h des colonnes et I_p des poutres varient suivant la hauteur du portique, le problème se complique au point de devenir inextricable analytiquement. Il reste néamoins soluble graphiquement.

L'auteur a résolu ce cas général d'une manière pratique en montrant :

a. Que tout portique à colonnes multiples peut se ramener à un portique fictif à deux colonnes égales, caractérisé par un *coefficient de raideur d'ensemble*.

A cet effet, il a établi des formules qui permettent de déterminer la position du point d'inflexion dans les poutres d'un portique à colonnes multiples.

b. Que les formules et abaques établis dans le cas simple du portique à deux colonnes égales, à moments d'inertie I_p et I_h constants sont, moyennant un artifice, encore applicables avec une bonne approximation au cas du portique à moments d'inertie variables.

A cette occasion, l'auteur a également établi une nouvelle méthode de correction basée uniquement sur la variation des rotations φ des nœuds. A chaque instant le calculateur est à même de contrôler l'approximation des résultats obtenus en vérifiant l'équilibre des moments autour du nœud étudié.

Il est à signaler que dans les cas pouvant être traités analytiquement, les résultats obtenus par la méthode des liaisons réparties sont quasi exacts quand

le nombre d'étages est supérieur à huit; ils restent très satisfaisants quand ce nombre descend à cinq.

Les avantages de la méthode proposée sont nombreux; la méthode permet en particulier :

1° de calculer directement la sollicitation interne (M, N et T) en un point quelconque de l'ossature sans devoir, pour cela, résoudre le système en entier, comme le demandent les méthodes connues.

2° de déterminer cette sollicitation interne dans le cas où la raideur des colonnes est beaucoup plus importante que celle des poutres. Cette éventualité se présente dans les bâtiments très hauts et l'application des méthodes existantes est très laborieuse dans ce cas.

3° de déterminer la flèche de l'ossature nue, critère de la déformabilité et de la stabilité.

4° de déterminer la solution économique de la construction, compte tenu des conditions de résistance et de déformabilité du système.

La méthode est susceptible d'extension à d'autres systèmes continus à grands nombres de cadres accolés.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Une formule pour le vecteur tourbillon d'un fluide visqueux élastique*. Note (*) de M. **Clifford Truesdell**, transmise par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai démontré la formule suivante pour les composantes ξ_i du vecteur tourbillon d'un milieu continu quelconque

$$(1)\qquad \frac{\xi_i}{\rho} = \left[\frac{\xi_\alpha}{\rho_0} - \frac{1}{2\rho_0}\int_{t_0}^{t} e_{ijk}e_{\alpha\beta\gamma}e_{lmn}\ddot{x}_{l,k}x_{m,\beta}\dot{x}_{n,\gamma}\,dt\right]x_{i,\alpha}.$$

Dans un fluide visqueux élastique, on a

$$(2)\qquad \rho\ddot{x}_i = \rho f_i - p_{,i} + (\lambda\dot{x}_{k,k})_{,i} + (\mu\dot{x}_{j,i})_{,j} + (\mu\dot{x}_{i,j})_{,j},$$

où les f_i sont les composantes des forces extérieures, p, la pression et λ, μ, les coefficients de viscosité. Par conséquent,

$$(3)\qquad -e_{ijk}\ddot{x}_{j,k} = -e_{ijk}\left(f_j - \frac{\mu}{\rho}e_{jmp}\xi_{m,p}\right)_{,k} + e_{ijk}\left(p + \frac{\lambda+2\mu}{\rho}\frac{D\rho}{Dt}\right)_{,j}\left(\frac{1}{\rho}\right)_{,k} + e_{ijk}\left(2\frac{\mu}{\rho}\frac{D\log\rho}{Dt}\right)_{,j}(\log\mu)_{,k} - e_{ijk}\left[\frac{\mu}{\rho}(\log\mu)_{,l}(\dot{x}_{j,l}+\dot{x}_{l,j})\right]_{,k}.$$

En substituant (3) dans (1), on trouve une formule générale pour le vecteur tourbillon d'un fluide visqueux élastique, de laquelle on peut déduire les trois mécanismes différents de la naissance des tourbillons à l'intérieur du fluide,

(*) Séance du 4 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 757.

comme je l'ai fait ailleurs ([2]) en employant le théorème général de la circulation.

1. Chaque particule acquiert de la rotation par l'effet cumulatif de toutes les forces non conservatives ($e_{ijk}f_{j,k} \neq 0$) qu'elle rencontre le long de sa trajectoire. Par exemple, pour un fluide parfait ($\lambda = \mu = 0$) incompressible et homogène ($\rho =$ const.), on obtient l'équation

$$(4) \qquad \xi_i = \left[\xi_\alpha - \frac{1}{2}\int_{t_0}^{t} e_{ljk}e_{\alpha\beta\gamma}e_{lmn}f_{j,k}\,dt\right] X_{i,\alpha},$$

qui est équivalente au théorème tourbillonnaire de Jaffé ([3]).

2. Chaque particule acquiert de la rotation en traversant un espace où les surfaces isostatiques ($\rho =$ const.) et les surfaces isobariques ($p =$ const.) se coupent (écoulement barocline). L'effet quantitatif est proportionnel au produit du gradient de p, du gradient de ρ^{-1}, et du sinus de l'angle entre eux; la direction est celle des lignes où s'entrecoupent les surfaces isostatiques et les surfaces isobariques. Par exemple, pour un fluide parfait ($\lambda = \mu = 0$) sujet à des forces conservatrices ($e_{ijk}f_{j,k} = 0$), on obtient l'équation

$$(5) \qquad \frac{\xi_i}{\rho} = \left[\frac{\xi_\alpha}{\rho_0} + \frac{1}{2\rho_0}\int_{t_0}^{t} e_{ejk}\,e_{\alpha\beta\gamma}\,e_{emn}\,p_{,j}\left(\frac{1}{\rho}\right)_{,k} x_{m,\beta}\,x_{n,\gamma}\,dt\right] x_{i,\alpha},$$

qui est équivalente au théorème tourbillonnaire de Silberstein ([4]) ainsi qu'au théorème de la circulation de V. Bjerknes ([5]).

La viscosité modifie ces deux mécanismes quantitativement mais non qualitativement. Son effet est équivalent à l'addition de *forces fictives* $-(\mu/\rho)\,e_{jmp}\xi_{m,p}$ et d'une *pression fictive* $(\lambda + 2\mu)\,\mathrm{D}\log\rho/\mathrm{D}t$, et par conséquent est nul dans les espaces exempts de tourbillons et d'expansion. Par exemple, pour un fluide incompressible et homogène ($\rho =$ const., $\dot{x}_{k,k} = 0$) d'une viscosité constante μ, on obtient l'équation

$$(6) \qquad \xi_i = \left[\xi_\alpha - \frac{1}{2}\int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma}\,e_{lmn}\left(e_{ljk}f_{j,k} - \frac{\mu}{\rho}\xi_{l,pp}\right)x_{m,\beta}\,x_{n,\gamma}\,dt\right] x_{i,\alpha},$$

qui est équivalente au théorème de la circulation de Jaffé ([6]). Si les forces sont conservatives, on a la formule de M. Carstoiu ([7])

$$(7) \qquad \xi_i = \left[\xi_\alpha + \frac{\mu}{2\rho}\int_{t_0}^{t} e_{\alpha\beta\gamma}\,e_{lmn}\xi_{l,pp}x_{m,\beta}\,x_{n,\gamma}\,dt\right] x_{i,\alpha},$$

([2]) *The effect of viscosity on circulation* (*Naval Ordnance Lab. Mem.*, 9516, 1948).

([3]) *Phys. Zeitschr.*, 21, 1920, p. 541-543.

([4]) *Bull. Intern. Acad. Sci. Cracovie, Comptes rendus*, 1896, p. 280-290.

([5]) *Vidensk. Skrifter I. Math naturv. Klasse*, 1898, 5; *Meteorolog. Zeitschr.*, 17, 1900, p. 97-106, 145-156.

([6]) *Loc. cit.*

([7]) *Comptes rendus*, 233, 1946, p. 1095-1096.

qui est équivalente au théorème tourbillonnaire de Bobylew ([8]) ainsi qu'au théorème de la circulation de V. Bjerknes ([9]).

3. Chaque particule acquiert de la rotation en traversant un espace où la viscosité μ n'est pas uniforme, même s'il n'y a pas de tourbillons ni d'expansion à l'instant initial, pourvu que le fluide subisse de la déformation ($x_{i,j}+x_{j,i}\neq 0$). Ce dernier mécanisme peut être d'une importance prédominante dans les écoulements *hypersoniques*, dans lesquels on peut avoir de très grands changements de température.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'effet d'inertie des sillages de corps se déplaçant dans un fluide d'un mouvement uniformément accéléré.* Note (*) de M. **Jean Luneau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Je me suis proposé, au cours d'une série d'essais, d'étudier l'influence de l'accélération sur la résistance au mouvement de corps se déplaçant dans l'eau d'un mouvement uniformément accéléré.

Les corps soumis aux essais sont fixés sur un manège hydrodynamique servant généralement aux essais de coques et de flotteurs d'hydravions; ils sont immergés dans l'eau à une profondeur suffisante. Le manège étant bloqué par un mécanisme de verrouillage approprié, l'hélice qui assure la propulsion de l'appareil est mise en marche et tourne jusqu'à ce qu'elle ait atteint sa vitesse de régime; le manège est alors libéré et prend, sous l'action de la force de traction constante de l'hélice, un mouvement uniformément accéléré.

Au cours de cette phase du mouvement, la traînée des corps immergés est mesurée et enregistrée photographiquement à l'aide d'un dynamomètre à lame élastique de faible inertie (Système Gruson). La courbe des espaces parcourus en fonction du temps est enregistrée simultanément. L'ouverture du verrou libérant le manège entraîne la coupure d'un circuit électrique et donne ainsi sur les deux courbes enregistrées un signal qui indique avec précision l'origine du mouvement. La correspondance entre les deux courbes (courbe du mouvement et courbe des traînées) est assurée par l'enregistrement de signaux électromagnétiques périodiques.

L'objet des expériences est de comparer pour chaque vitesse réalisée les valeurs de la traînée déterminées en mouvement uniformément accéléré aux valeurs que donne le calcul à partir des coefficients de traînées C_x obtenus pour le mouvement uniforme. J'aurais pu adopter pour ce calcul les valeurs des coefficients C_x en mouvement uniforme données par les formulaires, mais

([8]) *Math. Ann.*, 6, 1873, p. 72-84 (*voir* 2).

([9]) *Meteorolog. Zeits.*, 37, 1902, p. 97-108. *Voir* l'annotation sur l'effet de la viscosité.

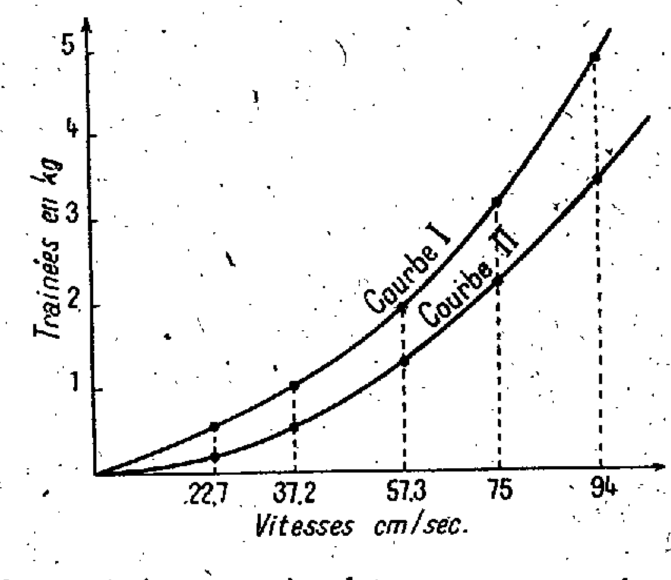
(*) Séance du 4 octobre 1948.

il m'a paru préférable de les déterminer expérimentalement pour chaque corps soumis aux essais, en opérant dans des conditions identiques à celles réalisées pour les expériences en mouvement uniformément accéléré. Les valeurs que j'ai ainsi obtenues diffèrent d'ailleurs très peu des valeurs généralement admises pour les coefffcients Cx; c'est ainsi que j'obtiens pour une série de disques circulaires $1,13 < Cx < 1,14$, alors que les formulaires donnent $Cx = 1,12$ (expériences de Gœttingen).

Toutes les courbes enregistrées mettent en évidence une influence de l'accélération du mouvement qui se traduit par un accroissement sensible de la traînée des corps soumis aux essais. Cet accroissement de la traînée dû aux effets d'inertie des sillages est, ainsi qu'il pouvait être prévu, d'autant plus considérable que les sillages sont plus importants. Les résultats que j'ai obtenus avec des disques circulaires montrent que le volume du fluide soumis aux effets d'inertie peut dépasser 60^{dm^3} pour un disque de 30^{cm} de diamètre et atteindre 20^{dm^3} pour un disque de 20^{cm} de diamètre.

Le tableau et la courbe reproduits ci-dessous traduisent les résultats obtenus avec un disque circulaire de 30^{cm} de diamètre dans un essai en mouvement uniformément accéléré d'accélération $V = 22$ cm/sec/sec.

Accélération (cm/sec/sec).	Vitesses réalisées (cm/sec).	Traînées mesurées (kg).	Traînées en mouvement uniforme (kg).	Différences (kg).	Volume fluide soumis aux effets d'inertie (dm³).
22	22,7	0,590	0,212	0,378	16,8
»	37,2	1,075	0,565	0,510	22,7
»	57,3	2,00	1,33	0,670	29,8
»	75	3,17	2,27	0,900	40,2
»	94	5,03	3,55	1,480	66



Courbe I : courbe des traînées enregistrées en mouvement uniformément accéléré.
Courbe II : courbe des traînées calculées à partir de la valeur de C_x en mouvement uniforme.

Au cours de cet essai, le volume du sillage soumis aux effets d'inertie croît de manière continue, et il en est de même de l'écart entre les traînées mesurées et calculées à partir du coefficient Cx donné pour le mouvement uniforme.

Toutes les courbes enregistrées ne conduisent pas à des résultats aussi simples : un certain nombre de courbes présentent des singularités; points anguleux ou points d'inflexion, correspondant vraisemblablement à des modifications survenues dans le sillage.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une extension de la théorie du corpuscule de spin $h/2\pi$ permettant de représenter un méson possédant plusieurs états de masse.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. L. de Broglie (1) a proposé une théorie du corpuscule de spin $h/2\pi$ dans laquelle ce corpuscule est conçu comme résultant de l'association étroite, suivant un processus désigné sous le nom de fusion, de deux corpuscules de spin $h/4\pi$. Analytiquement, partant des équations d'onde de Dirac de deux corpuscules indépendants

$$(1)\qquad p_\mu(\gamma^\mu)_{i_1 m_1}\psi_{m_1} + im_0 c\psi_{i_1} = 0; \qquad p_\mu(\gamma^\mu)_{i_2 m_2}\psi_{m_2} + im_0 c\psi_{i_2} = 0;$$
$$\left(p_\mu = i\hbar\frac{\partial}{\partial x^\mu}; \qquad \gamma^\mu\gamma^\nu + \gamma^\nu\gamma^\mu = 2\delta^{\mu\nu}\ (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4); \qquad x^4 = ict, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}\right),$$

le corpuscule de spin $h/2\pi$ est représenté par les 16 fonctions d'ondes $\psi_{i_1 i_2}$ $(i_1, i_2, m_1, m_2 = 1, 2, 3, 4)$ solutions de l'équation d'ondes

$$(2)\qquad p_\mu\left[\frac{1}{2}[(\gamma^\mu)_{i_1 m_1}\delta_{i_2 m_2} + \delta_{i_1 m_1}(\gamma^\mu)_{i_2 m_2}]\right]\psi_{m_1 m_2} + im_0 c\psi_{i_1 i_2} = 0.$$

Introduisant la matrice R telle que $R\gamma^\mu R^{-1} = -(\gamma^\mu)^+$, $R^+ = -R = R^{-1}$, écrivant γ^A pour l'une des 16 matrices $\gamma^0 = 1$, γ^μ, $\gamma^{\mu\nu} = \gamma^\mu\gamma^\nu - \delta^{\mu\nu}$, $\gamma_5 = \gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$, $\gamma^{\mu 5} = \gamma^\mu\gamma^5 = \gamma^{\nu\rho\sigma}$, nous définissons des fonctions d'ondes tensorielles Φ^A par les combinaisons linéaires $\Phi^A = (R\gamma^A)_{i_2 i_1}\psi_{i_1 i_2}$. Avec ces fonctions d'ondes, l'équation (2) se ramène à trois systèmes indépendants.

$$(\mathrm{I})\qquad p_\nu\Phi_\mu - p_\mu\Phi_\nu + im_0 c\Phi_{\mu\nu} = 0, \qquad p_\nu\Phi^{\mu\nu} + im_0 c\Phi^\mu = 0,$$
$$(\mathrm{II})\qquad p_\mu\Phi^{5\mu} + im_0 c\Phi^5 = 0, \qquad p_\mu\Phi_5 + im_0 c\Phi_{5\mu} = 0,$$
$$(\mathrm{III})\qquad im_0 c\Phi_0 = 0.$$

M. Van Isacker (2) a proposé de modifier l'équation (2) de façon à faire apparaître des coefficients de masse propre m_1, m_2, m_0 différents dans les systèmes (I), (II), (III). Écrivant $\gamma^A_{(1)}$ et $\gamma^A_{(2)}$ pour $(\gamma^A)_{i_1 m_1}$, $(\gamma^A)_{i_2 m_2}$, on remplace l'équation (2) par l'équation

$$(3)\qquad \Big\{p_\mu\left[\frac{1}{2}(\gamma^\mu_{(1)}\gamma^0_{(2)} + \gamma^0_{(1)}\gamma^\mu_{(2)})\right] + ic\Big[g_0\gamma^0_{(1)}\gamma^0_{(2)} + g_1[\gamma^{(1)}_\mu\gamma^\mu_{(2)} - \gamma^{(1)}_{\mu\nu}\gamma^{\mu\nu}_{(2)}]$$
$$+ g_2[\gamma^{(1)}_{5\mu}\gamma^{5\mu}_{(2)} - \gamma^{(1)}_5\gamma^5_{(2)}]\Big]\Big\}\psi_{i_1 i_2} = 0.$$

---

(1) Une nouvelle théorie de la lumière, 1 et 2.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1761.

Introduisant les Φ^A et posant

$$m_0 = g_0 - 10 g_1 - 5 g_2, \qquad m_1 = g_0 + 2 g_1 - g_2, \qquad m_2 = g_0 - 2 g_1 + 3 g_2,$$

(3) donne les systèmes

$$\text{(I')} \qquad p_\nu \Phi_\mu - p_\mu \Phi_\nu + i m_1 c \Phi_{\mu\nu} = 0, \qquad p_\nu \Phi^{\mu\nu} + i m_1 c \Phi^\mu = 0,$$

$$\text{(II')} \qquad p_\mu \Phi^{5\mu} + i m_2 c \Phi^5 = 0, \qquad p_\mu \Phi_5 + i m_2 c \Phi_{5\mu} = 0,$$

$$\text{(III')} \qquad i m_0 c \Phi_0 = 0.$$

En particulier, si les constantes de liaison g_0, g_1, g_2 sont telles que $g_0 - 10 g_1 - 5 g_2 = 0$, le système (III') disparaît identiquement.

Une autre extension de l'équation (2) consiste à considérer deux équations de Dirac (1) de masses propres m_1 et m_2 et à prendre pour équation du système fondu, posant $(1/\mu_1) = (1/m_1) + (1/m_2)$, $(1/\mu_2) = (1/m_1) - (1/m_2)$, l'équation d'ondes

$$\text{(4)} \qquad \left\{ \frac{1}{\mu_1} p_\mu \frac{1}{2} (\gamma^\mu_{(1)} + \gamma^\mu_{(2)}) + \frac{1}{\mu_2} p_\mu \frac{1}{2} (\gamma^\mu_{(1)} - \gamma^\mu_{(2)}) + ic \right\} \psi_{l_1 l_2} = 0$$

qui s'écrit encore en introduisant les Φ^A

$$\text{(IV)} \quad \begin{cases} \frac{1}{\mu_1} [p_\nu \Phi_\mu - p_\mu \Phi_\nu] + \frac{1}{\mu_2} p^\rho \Phi_{\mu\nu\rho} + ic \Phi_{\mu\nu} = 0, \\ \frac{1}{\mu_1} p^\nu \Phi_{\mu\nu} + \frac{1}{\mu_2} p_\mu \Phi_0 + ic \Phi_\mu = 0, \qquad \frac{1}{\mu_2} p_\mu \Phi^\mu + ic \Phi_0 = 0, \\ \frac{1}{\mu_2} p^\nu \Phi_{5\mu\nu} + \frac{1}{\mu_1} p_\mu \Phi_5 + ic \Phi_{5\mu} = 0, \qquad \frac{1}{\mu_1} p_\mu \Phi^{5\mu} + ic \Phi^5 = 0. \end{cases}$$

Le procédé de M. van Isacker qui traduit, dans la fusion, l'existence d'un couplage entre toutes les grandeurs caractéristiques du corpuscule et non plus seulement entre les masses propres, peut encore être introduit dans l'équation (4) en remplaçant dans celle-ci le terme ic par $ic\mathrm{M}$ avec

$$\mathrm{M} = g_0 \gamma^0_{(1)} \gamma^{(2)}_0 + g_1 \gamma^{(1)}_\mu \gamma^\mu_{(2)} + f_2 \gamma^{(1)}_{\mu\nu} \gamma^{\mu\nu}_{(2)} + g_2 \gamma^{(1)}_{5\mu} \gamma^{5\mu}_{(2)} + f_2 \gamma^{(1)}_5 \gamma^5_{(2)}.$$

Passant en fonctions d'ondes tensorielles, (IV) est remplacé par

$$\text{(V)} \quad \begin{cases} \frac{1}{\mu_1} [p_\nu \Phi_\mu - p_\mu \Phi_\nu] + \frac{1}{\mu_2} p^\rho \Phi_{\mu\nu\rho} + ic\chi_3 \Phi_{\mu\nu} = 0, \\ \frac{1}{\mu_1} p^\nu \Phi_{\mu\nu} + \frac{1}{\mu_2} p_\mu \Phi_0 + ic\chi_2 \Phi_\mu = 0, \qquad \frac{1}{\mu_2} p_\mu \Phi^\mu + ic\chi_1 \Phi_0 = 0, \\ \frac{1}{\mu_2} p^\nu \Phi_{5\mu\nu} + \frac{1}{\mu_1} p_\mu \Phi_5 + ic\chi_4 \Phi_{5\mu} = 0, \qquad \frac{1}{\mu_1} p_\mu \Phi^{5\mu} + ic\chi_5 \Phi^5 = 0. \end{cases}$$

avec

$$\chi_1 = g_0 - 4 g_1 + 6 f_1 - 4 g_2 + f_2, \qquad \chi_2 = g_0 + 2 g_1 - 2 g_2 - f_2, \qquad \chi_3 = g_0 - 2 f_1 + f_2,$$
$$\chi_4 = g_0 - 2 g_1 + 2 g_2 - f_2, \qquad \chi_5 = g_0 + 4 g_1 + 6 f_1 + 4 g_2 + f_2.$$

Le système (V) se simplifie, μ_1, μ_2, χ_2, χ_3, χ_4 étant différents de zéro, en

posant

$$\Phi_{\mu} = ic\chi_3\mu_1\Phi'_{\mu}, \qquad \mu_1\Phi_0 = \mu_2\Phi'_0, \qquad M_1^2 = \mu_1^2\chi_2\chi_3, \qquad \lambda_1 = \frac{\chi_2\chi_1}{\chi_4\chi_3},$$
$$\Phi_{5\mu} = ic\chi_3\mu_2\Phi'_{5\mu}, \qquad \mu_2\Phi_5 = \mu_1\Phi'_5, \qquad M_2^2 = \mu_2^2\chi_4\chi_3, \qquad \lambda_2 = \frac{\chi_5\chi_4}{\chi_3\chi_2},$$

et s'écrit alors

$$\Phi_{\mu\nu} = p_{\mu}\Phi'_{\nu} - p_{\nu}\Phi'_{\mu} - p^{\rho}\Phi'_{\mu\nu\rho},$$
$$p^{\nu}\Phi_{\mu\nu} + p_{\mu}\Phi'_0 = c^2 M_1^2\Phi'_{\mu}, \qquad p^{\nu}\Phi_{5\mu\nu} + p_{\mu}\Phi'_5 = c^2 M_2^2\Phi'_{5\mu},$$
$$p_{\mu}\Phi'^{\mu} + \lambda_1\frac{M_2^2}{M_1^2}\Phi'_0 = 0, \qquad p_{\mu}\Phi'^{5\mu} + \lambda_2\frac{M_1^2}{M_2^2}\Phi'^5 = 0.$$

Ces équations sont analogues à celles considérées par M. Potier ([3]). Nous voyons ici qu'elles s'introduisent et s'interprètent facilement par la *fusion* suivant la méthode de L. de Broglie, de deux corpuscules de Dirac de spin $h/2$ et de masses propres différentes, avec la généralisation de Van Isacker.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'asymétrie de distribution des éruptions chromosphériques.* Note de MM. **František Link** et **Josip Kleczek**, présentée par M. Bernard Lyot.

Nous nous sommes posé la question suivante : la distribution des éruptions chromosphériques en longitude est-elle symétrique par rapport au centre du disque? Nous avons divisé les régions actives contenues dans le *Quarterly Bulletin on Solar Phenomena* (1935-1947) en trois catégories :

A, ayant de 1 à 4 éruptions (en tout 1930 éruptions);
B, » de 5 à 9 éruptions (en tout 1175 éruptions);
C, » plus de 9 éruptions (en tout 2342 éruptions) pendant la période de visibilité (13 jours).

Pour chaque éruption, nous avons considéré la durée d'observation t qui est en même temps la durée minimum de l'éruption elle-même, l'importance i dans une échelle de 1 à 3 et nous avons formé le produit $Q = i.t$ (t en minutes) qui doit caractériser l'énergie minimum mise en jeu par chaque éruption. Nous avons divisé le disque solaire en fuseaux de 10° en longitude λ et nous avons déterminé les sommes Σi, Σt, ΣQ dans chaque fuseau, séparément pour chaque catégorie. Le rapport E/W des sommes à l'Est et à l'Ouest qui mesure l'asymétrie de distribution est donné dans le tableau ci-après.

Les résultats montrent une asymétrie de distribution dans les trois quantités i, t et Q. Il y a en général plus d'éruptions à l'Est qu'à l'Ouest et l'asymétrie E/W atteint son maximum vers $\lambda = 45°$. Quant à la distribution des taches étudiée par Minnaert (*M. N.*, 106, 1946, p. 98), elle montre la même allure avec un maximum vers $\lambda = 45°$.

([3]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 63-64, 1690-1692.

TABLEAU.

λ.	Importance.			Durée.			Q.		
	A.	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.
85	1,00	0,63	1,09	1,09	0,53	1,29	1,00	0,66	1,07
75	0,96	0,76	1,12	0,81	0,63	1,46	0,77	0,52	1,42
65	1,32	1,12	0,94	1,36	0,90	1,14	1,28	1,19	1,32
55	0,98	0,96	1,40	1,09	1,08	1,33	1,01	1,13	1,43
45	1,17	1,23	1,42	1,25	1,26	1,58	1,16	1,00	1,90
35	1,21	1,01	0,96	0,88	1,10	1,38	0,94	1,24	1,48
25	1,09	0,88	0,92	0,91	1,20	1,05	1,05	1,17	1,06
15	1,13	0,92	0,95	1,23	0,80	1,07	1,03	0,79	1,16
5	1,22	1,48	0,89	0,98	1,17	0,74	1,16	1,03	0,82
Moy.	1,12	1,00	1,05	1,05	1,00	1,25	1,05	0,94	1,28
		1,06			1,10			1,09	

On explique l'asymétrie des taches par l'inclinaison de leurs axes. Appliquée dans le cas des éruptions, cette explication conduirait à des valeurs de l'ordre de 20 à 30° qui nous paraissent trop grandes pour être admises. D'après nos résultats et ceux de Minnaert, l'asymétrie et par suite aussi l'inclinaison des axes atteindrait son maximum vers $\lambda = 45$, angle qui n'est défini que par rapport à la Terre. Or, en voulant éviter l'hypothèse de l'effet terrestre par l'hypothèse de l'inclinaison des axes, on retomberait finalement sur la première.

Il existe encore un phénomène solaire qui présente la même allure. Hey en étudiant l'activité des éruptions en ce qui concerne leur émission des bursts dans le domaine métrique de longueurs d'onde trouve, en fonction de λ, une courbe analogue à celle de Q.

On peut expliquer les trois phénomènes cités par une seule hypothèse qui est celle de l'influence terrestre sur le Soleil. Les taches et les régions actives en particulier seraient en quelque sorte des points névralgiques de la surface solaire où l'influence terrestre, même minime, se ferait sentir d'une manière appréciable. En allant du bord Est vers le centre, les conditions d'observation et en général celles d'émission s'amélioreraient en fonction de $\cos \lambda$, mais en même temps l'influence négative de la Terre s'exercerait dans le sens contraire. De cette façon un maximum se produirait sur la moitié Est du disque suivi d'une décroissance continue jusqu'au bord Ouest. Il se peut que dans l'avenir on parvienne à expliquer ces phénomènes d'une autre manière mais, jusqu'à présent, malgré nos efforts, nous n'avons pas trouvé d'autre issue à cette situation délicate.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la relation énergie-période des radioéléments α-émetteurs.* Note (*) de M. **André Berthelot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons procédé il y a quelques années à une comparaison de la théorie de la radioactivité α avec les données expérimentales relatives à ce phénomène ([1]), de manière à déterminer les constantes que la théorie laisse arbitraires. Ceci nous avait conduit à une formule qui peut s'écrire

$$(1)\qquad \mathrm{Log}_{10} T = -17{,}70 + 0{,}870\, Z'^{\frac{1}{2}} A'^{\frac{1}{6}}\, \gamma\left(0{,}643\, \frac{E\, A'^{\frac{1}{3}}}{Z'}\right),$$

Z' et A' étant respectivement les nombres de charge et de masse du noyau résiduel, E l'énergie de désintégration et γ la fonction

$$\gamma(x) = x^{-\frac{1}{2}} \arccos x^{\frac{1}{2}} - (1-x)^{\frac{1}{2}}.$$

Entre autres résultats nous avions montré qu'il fallait substituer au groupement par familles radioactives (loi de Geiger-Nuttal) le groupement par familles d'isotopes.

La publication récente ([2]) de données relatives à un certain nombre de radioéléments artificiels α-émetteurs nous permet de compléter cette étude. La figure représente les courbes (1) pour Z' variant de 82 à 92, une valeur moyenne de A' étant prise dans chaque cas (soit $A' = 211$, 216, 220, 225, 230, 234, 238, pour $Z' = 82$, 84, 86, 88, 90, 92). De plus les points expérimentaux correspondant aux différents émetteurs α actuellement connus sont reportés aux fins de comparaison.

L'examen de cette figure conduit aux conclusions suivantes :

1° Sur 52 points expérimentaux, 32 points se placent sur la courbe qui leur correspond ou présentent un écart inférieur à celui qu'entraînerait une erreur de 100 keV sur l'énergie de désintégration.

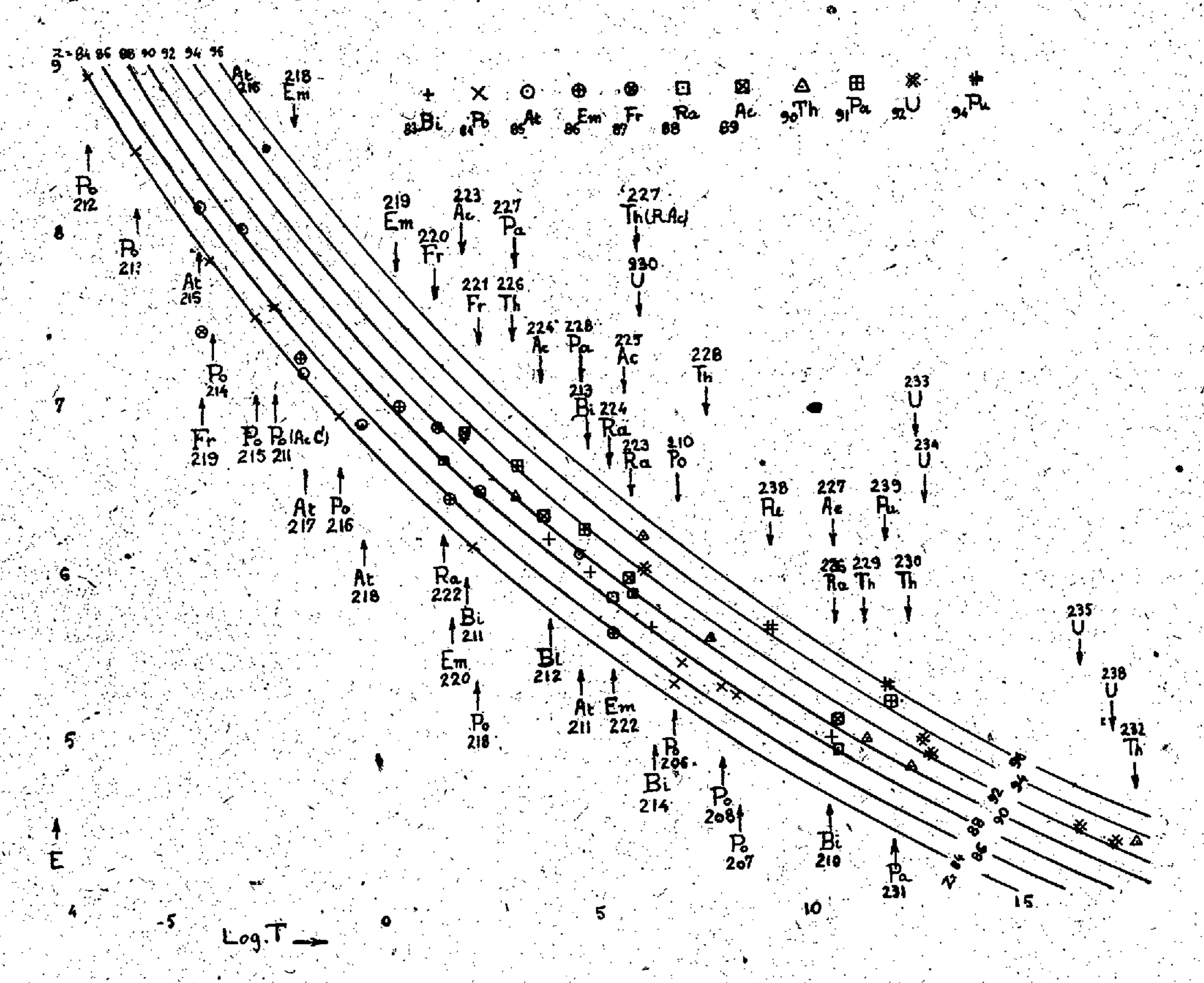
2° Les périodes des radioéléments à Z impair semblent être fréquemment un peu plus grandes que ne le laisseraient prévoir les énergies correspondantes. Toutefois dans la plupart des cas celles-ci n'ont été jusqu'à présent déterminées que par un seul groupe de physiciens, et n'ayant pas été recoupées il est possible qu'elles soient entachées d'une petite erreur suffisante pour ramener les choses dans l'ordre.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) A. Berthelot, *J. de Phys.*, 1942, p. 52.

([2]) A. Ghiorso, W. W. Meinke et G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 695; M. H. Studier et E. K. Hyde, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 591 ; A. C. English, T. E. Granshaw, P. Demers, J. A. Harvey, E. P. Hincks, J. V. Jelley et A. N. May, *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 253; F. Hagemann, L. I. Katzin, M. H. Studier et G. T. Seaborg, A. Ghiorso, *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 252.

3° Les périodes des radioéléments qui, pour émettre une particule α, doivent prélever un ou plusieurs nucléons sur le *noyau condensé* $^{208}_{82}$Pb (3), sont nettement plus élevées que ne l'indique (1). Ce sont les isotopes du bismuth dont les périodes (corrigées s'il y a lieu, du rapport d'embranchement) sont environ



150 fois trop grandes et les isotopes du polonium de masse inférieure à 212 dont les périodes sont 30 fois trop grandes (voir plus loin ce qui concerne ^{211}Po). Ceci est un autre aspect des discontinuités qui se manifestent lors de la formation des couches de 82 et 126 nucléons (4).

4° Dans quelques cas, les écarts sont manifestement à rattacher à l'existence d'une importante structure fine (An, AcX, RdAc). D'autres, comme Th^{232} dont la période est environ 40 fois trop grande, demandent une explication. Pour expliquer cette période, l'énergie de désintégration devrait n'être que de 4 MeV.

5° Quelques cas particuliers :

^{235}U : l'énergie α de 4,52 MeV, portée dans les tables, le place hors de la

(3) A. Berthelot, *J. de Physique*, 17, 1942.

(4) Maria G. Mayer, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 235.

courbe des isotopes de U, mais l'énergie de 4,30 MeV, déduite du parcours (5) des α, l'y ramène. Il y a donc de fortes chances pour que cette dernière valeur soit plus correcte.

^{211}Po(AcC′) : un doute existe sur la valeur exacte de la période de cet élément qui ne paraît pas avoir été mesurée expérimentalement, mais au contraire déduite de la loi de Geiger-Nuttal. L'application de la relation plus correcte considérée ici conduirait à $1,3.10^{-3}$ sec, mais le fait que l'un des neutrons de la particule α provient de $^{208}_{82}$Pb laisse prévoir une période un peu plus grande, et la valeur 5.10^{-3} sec des tables ne doit pas être loin de la vérité.

^{219}Fr : une erreur importante sur les constantes de cet élément paraît nécessaire pour expliquer sa position.

RAYONS X. — *Mesure, par les rayons X, de l'épaisseur des films minces déposés sur supports microcristallins.* Note (*) de M. **Charles Legrand**, transmise par M. Maurice de Broglie.

On a déjà proposé, pour mesurer l'épaisseur de dépôts minces appliqués sur des métaux, d'utiliser l'absorption des rayons X diffractés par le métal de base. En particulier, H. Friedman et L. S. Birks ont décrit (1) un montage utilisant la méthode de focalisation de Brentano.

Leur méthode, qui consiste à comparer l'intensité d'une raie de diffraction du métal de base avant et après dépôt du film et à déduire l'épaisseur de celui-ci de l'énergie absorbée, suppose un régime de fonctionnement très constant pour le tube générateur du faisceau X primaire. Cette condition élimine donc l'émulsion photographique comme récepteur. Un autre inconvénient du montage proposé est l'emploi d'un rayonnement diffracté qui émerge du métal sous l'angle de Bragg θ. Pour les métaux usuels et les radiations les plus employées, θ varie grossièrement entre 20° et 35° pour les raies (111) ou (110), les plus avantageuses à employer. Rayons incident et diffracté traversent donc le dépôt sous un angle tel que leur parcours et par conséquent leur absorption y sont faibles.

Nous proposons une méthode un peu différente fondée sur l'absorption de deux rayons diffractés voisins émis par le métal de base et quittant celui-ci sous un angle faible.

Considérons (*fig.* 1) la surface Σ plane (métallique en général) recouverte du film d'épaisseur ε. Choisissons dans le diagramme Debye et Scherrer de la substance de base, deux raies correspondant à des angles de Bragg voisins θ_1

(5) G. J. Van der Maas et J. L. Yutema, *Physica*, **13**, 1947, p. 453.

(*) Séance du 9 août 1948.

(1) *Rev. of Sc. Instr.*, **17**, 1946, p. 99.

et θ_2. Le rayon diffracté T_1, correspondant à θ_1, émerge de la surface sous un petit angle α_1; le rayon diffracté T_2 émerge sous l'angle

$$(1) \qquad \alpha_2 = \alpha_1 + (2\theta_2 - 2\theta_1).$$

Soient I_1 et I_2 les intensités des deux rayons diffractés T_1 et T_2 en l'absence de tout dépôt. Le rapport I_1/I_2 dépend seulement du métal et de l'angle α_1. Si une

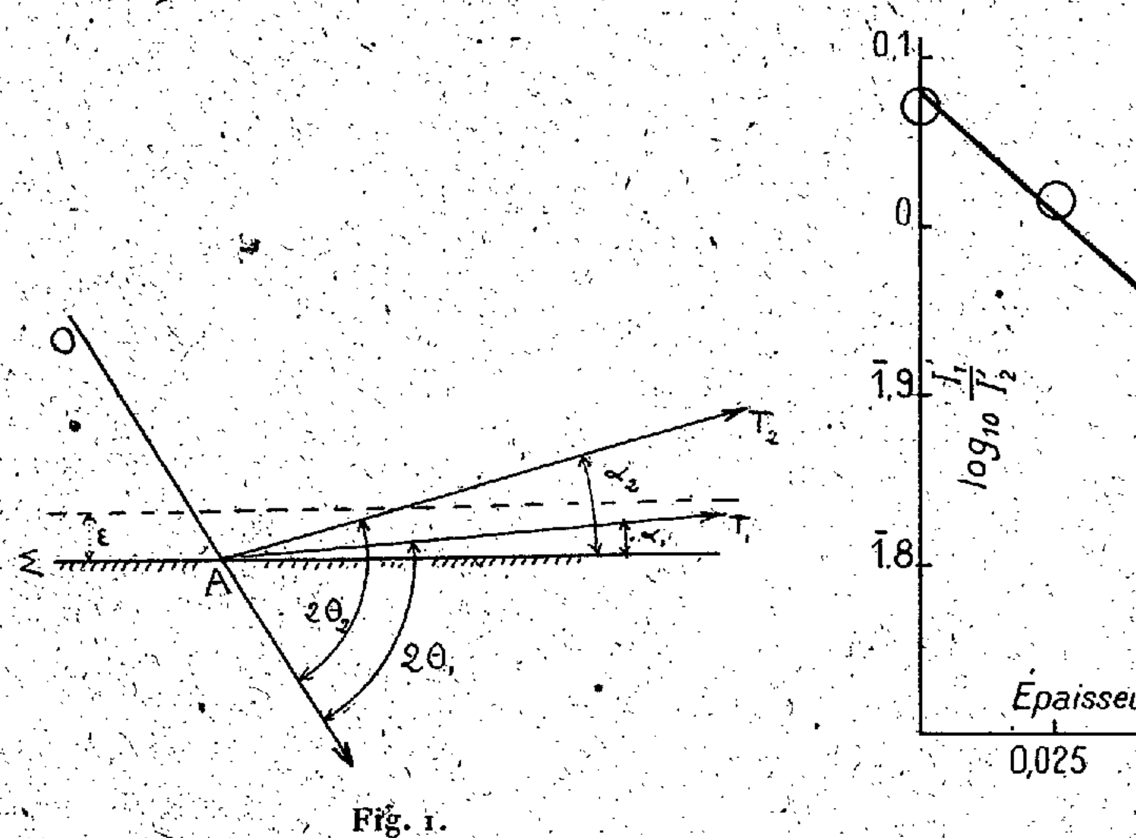


Fig. 1. Fig. 2.

couche absorbante d'épaisseur ε est déposée sur le métal, l'intensité du rayon T_1 devient :

$$I'_1 = I_1 e^{-\mu\rho \frac{\varepsilon}{\sin\alpha_1}},$$

celle du rayon T_2

$$I'_2 = I_2 e^{-\mu\rho \frac{\varepsilon}{\sin\alpha_2}},$$

où μ et ρ sont le coefficient d'absorption massique et la densité de la substance déposée. On en déduit :

$$(2) \qquad \frac{I'_1}{I'_2} = \frac{I_1}{I_2} e^{-\mu\rho\varepsilon\left(\frac{\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1}{\sin\alpha_1 \sin\alpha_2}\right)}.$$

Il suffira de répéter l'expérience avec et sans dépôt sur la même base, dans les mêmes conditions pour déduire ε. Les rapports I_1/I_2 et I'_1/I'_2 peuvent se déterminer par la méthode photographique, car la constance du régime du tube n'est pas nécessaire. On accroît la sensibilité des mesures en choisissant α_1 très petit car on augmente ainsi le parcours de T_1 et T_2 dans le film. En fait, on est limité par la difficulté d'évaluer α_1 avec une certaine précision et par la définition géométrique de la surface du métal de base.

Une vérification expérimentale a été effectuée avec une surface de cuivre couverte de feuilles de cellophane en nombre croissant. Les rayons diffractés employés, correspondant aux plans (111) et (200) du cuivre, émergeaient sous les angles $\alpha_1 = 4°$ et $\alpha_2 = 11°$.

Le film plan était disposé normalement au plan de la surface de base. Les enregistrements ont été effectués avec le microphotomètre Vassy.

Si l'on pose $(\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)/\sin\alpha_1 \sin\alpha_2 = k$, la relation (2) conduit à

$$\text{(3)} \qquad \operatorname{Log}\frac{I'_1}{I'_2} = \operatorname{Log}\frac{I_1}{I_2} - \mu\rho k\varepsilon.$$

On vérifie (*fig.* 2) que $\operatorname{Log}(I'_1/I'_2)$ est bien une fonction linéaire de l'épaisseur ε; les points expérimentaux sont représentés par des cercles qui tiennent compte des diverses causes d'erreur. Dans le cas d'une substance organique, il est possible d'estimer des épaisseurs de l'ordre de $0^{mm},01$. Dans celui des couches superficielles métalliques, les valeurs bien plus considérables de μ et ρ abaissent beaucoup la valeur de ε décelable. Avec Cr$K\alpha$, il serait possible d'estimer des couches d'argent de l'ordre d'une centaine d'angströms et d'or de 50 Å environ, la précision des mesures correspondant évidemment à celle du dispositif récepteur.

Certaines précautions sont à observer en ce qui concerne principalement l'influence du grain et les effets d'orientation du métal de base.

RAYONS X. — *Sur la réalisation et l'utilisation de faisceaux de rayons* X *très fins, de l'ordre de quelques microns*. Note (*) de M. **Fernand Fournier**, présentée par M. René Barthélemy.

La recherche des renseignements concernant la texture des joints cristallins ou la structure de micro-inclusions pose des problèmes techniques dont la solution est recherchée activement depuis longtemps.

J'ai indiqué dans une publication antérieure ([1]) une technique simple permettant d'obtenir des renseignements sur la répartition des constituants dans les alliages ou mélanges de corps métalliques de numéros atomiques assez différents. Par la suite, il nous a semblé qu'il était possible d'obtenir des résultats plus intéressants, et nous avons mis au point une technique de microradiographie par émission du rayonnement de fluorescence d'un des constituants de l'alliage en irradiant l'échantillon par un rayonnement X de longueur d'onde convenable. Malgré ces perfectionnements, il n'était pas facile de posséder des renseignements sur la structure cristalline, la texture des joints cristallins ou des micro-inclusions réparties dans la masse métallique, aussi il nous a semblé nécessaire d'examiner des échantillons microcristallins au moyen des méthodes classiques de Laue et Debye-Scherrer, mais en adaptant l'appareillage à un but nouveau, l'irradiation de quantités de matières extrêmement petites dans le but d'obtenir des diagrammes de diffraction servant à identifier des microtextures.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) *Revue de Métallurgie*, 1938, p. 349.

L'appareillage que nous avons employé permet d'examiner l'échantillon dans une région déterminée à l'avance, la partie intéressée n'étant pas visible à l'œil, pour cela il faut diriger un faisceau de rayons X très fin sur un point très précis de l'échantillon. Cet échantillon a lui-même une épaisseur très faible, quelques centièmes de millimètre au plus.

A cet effet, il a été réalisé des collimateurs de rayons X délimitant un faisceau cylindrique de 2 microns à 12 microns de diamètre; certains ont une section elliptique dont les axes ont respectivement 3 microns et 20 microns. Ces collimateurs sont en verre étiré avec des écrans de verre au plomb évitant la diffusion. La longueur du collimateur est de 5 à 10^{mm} selon les applications. Le faisceau de rayons X ainsi délimité est employé soit avec une chambre circulaire classique de Debye-Scherrer, mais de diamètre relativement faible, 2^{cm} environ, soit avec une chambre plane permettant un repérage sous microscope et avec une grande précision de la partie intéressante de l'échantillon.

Un tel dispositif est bien adapté à une étude des textures de cristaux métalliques et en particulier à la nature des joints intercristallins. Il a permis de fixer la texture de micro-inclusions contenues dans certains systèmes polycristallins. Ces hétérogénéités étant mises en évidence par l'emploi de la méthode microradiographique d'absorption qui, employée seule, ne donne que des renseignements très incomplets.

L'étude de coupes histologiques de préparations provenant de tissus cartilagineux ou de tumeurs, a pu être abordée.

La détermination des caractéristiques de microcristaux a pu être entreprise avec succès.

Certains états de surface dans des systèmes monocristallins peuvent aussi être qualifiés par cette technique dont les possibilités d'applications sont intermédiaires entre les méthodes classiques d'analyse aux rayons X et les méthodes d'analyse par diffraction électronique. Il a été étudié en particulier les joints intercristallins d'alliage aluminium-cuivre à 12 % et à 8 % de Cu, et mis en évidence la texture des joints et de la partie du cristal en contact avec ce joint. Cela fixe la microrépartition du constituant $CuAl_2$ dans le cas d'alliages fondus. Cette répartition est très irrégulière et ne peut pas être décrite de façon simple.

Des études sont en cours sur des alliages légers à plus faible teneur en cuivre.

Cette technique a pu trouver toute son efficacité et en particulier il a été possible de rendre les temps de pose assez courts, par l'emploi d'un tube radiogène dont le foyer est très fin et donne une brillance considérable, le diamètre du foyer étant de 1/10 de millimètre sur 2^{mm} de long; l'anticathode en cuivre supporte un débit de 5 milliampères sous 35 kV et permet d'obtenir des diagrammes corrects avec des temps de poses compris entre 1 et 3 heures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La résistance électrique de la cellule de polissage électrolytique et la superficie de l'anode.* Note (*) de MM. **Israël Epelboin** et **Claude Chalin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons ramené la recherche des conditions optima de polissage électrolytique à l'étude de la variation de résistance électrique de la cellule, et nous avons pu montrer que cette résistance présente un maximum caractéristique. Il en découle une méthode d'enregistrement et de régulation du polissage qui conduit aussi bien à des perfectionnements techniques ([2]) qu'à une meilleure compréhension du mécanisme de variation des caractéristiques électriques au cours du phénomène.

D'autre part des mesures du potentiel cathodique à diverses tensions de polissage et pour différentes superficies cathodiques ou anodiques nous ont montré que les variations de résistance dues aux variations de potentiel cathodique peuvent toujours être négligeables. Ceci nous permet d'indiquer quelques remarques faites au cours de notre étude et d'en donner une interprétation électrique.

1° Des caractéristiques courant-tension obtenues à l'aide d'enregistreurs électrolytiques et publiées par ailleurs ([3]), ([4]) montrent qu'en choisissant une anode de superficie suffisamment petite, on peut toujours obtenir des courbes courant-tension à palier horizontal. C'est ainsi que dans le cas du plomb dans des bains acide perchlorique-anhydride acétique, nous avons, contrairement aux indications de la littérature, montré que pour un bain et une cathode donnés le palier horizontal est d'autant plus net que la superficie de l'anode est plus petite. Comme le montrent les figures 2, 9 et 10 de l'article précité ([4]), ceci est dû à l'accroissement de résistance du bain électrolytique avec la diminution de la superficie anodique.

Cette relation entre la superficie anodique et la résistance de la cellule a été vérifiée avec d'autres méthodes. L'une consiste à relever simultanément les caractéristiques résistance-tension de plusieurs anodes immergées dans la même cellule et branchées en parallèle, l'autre à relever les caractéristiques relatives à une même anode dont la longueur immergée est variable.

2° Nous avons vérifié une relation analogue à celle résistance-superficie anodique macroscopique pour les variations d'état de surface anodique dues à

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 324.

([2]) Demandes de brevets français P. V. 548617. P. V. 558047 et étrangers 1948, pris avec l'appui du Centre National de la Recherche Scientifique.

([3]) *Métaux et corrosion*, 23, 1948, p. 1.

([4]) *Revue générale d'Électricité*, 57, 1948, p. 254.

des modifications microgéométriques. Ainsi l'enregistrement d'une courbe courant-tension, à tension d'abord croissante puis décroissante, montre que la résistance du bain diminue par suite de la formation de piqûres provoquées par la corrosion aux tensions élevées. Ceci a été montré d'abord dans le cas de l'aluminium poli dans un bain acide perchlorique-anhydride acétique [*voir* figure 5 de l'article précité (3)]. Depuis, P. Jacquet (5) a étudié des aciers qui avaient été au préalable soumis à une abrasion mécanique ou à un polissage électrolytique. L'examen des courbes qu'il a obtenues montre également que la résistance est d'autant plus grande que le polissage préalable était plus poussé. D'ailleurs l'influence des modifications microgéométriques sur la résistance électrique est d'autant plus marquée que la superficie de l'anode est plus faible.

3° L'absence d'influence de l'agitation sur les variations des caractéristiques électriques, est souvent signalée dans la littérature pour les bains acide perchlorique-anhydrique acétique. Nous avons effectué des mesures en collaboration avec D. Amine, sur divers métaux polis dans de tels bains. L'agitation était obtenue, soit par un procédé mécanique, soit par un procédé électromagnétique, consistant à faire agir un champ magnétique sur le courant traversant la cellule. Nous avons constaté qu'en choisissant une superficie anodique suffisamment faible, il est toujours possible de déceler une diminution de la résistance électrique de la cellule.

L'interprétation électrique de ces résultats peut se faire en supposant que la couche de diffusion anodique non perturbée introduit, pour une superficie élémentaire de l'anode, une résistance aux bornes de la cellule déterminée par les conditions expérimentales. Dans ces conditions il s'ensuit que :

1° L'augmentation de la surface de l'anode revient à brancher des résistances en parallèle, d'où diminution de la résistance résultante;

2° La présence d'une aspérité fait diminuer, pour les lignes de courant y aboutissant, la résistance de la couche anodique, d'où diminution de la résistance résultante;

3° Enfin, l'agitation de l'électrolyte en perturbant la couche de diffusion anodique diminue la résistance introduite par celle-ci.

En conclusion, les résultats expérimentaux obtenus en choisissant des superficies anodiques appropriées montrent que l'allure des courbes courant-tension sont susceptibles de varier considérablement pour un métal et un bain donnés et même au cours du polissage. D'où l'intérêt des moyens de contrôle renseignant, à chaque instant de l'opération, sur l'évolution du phénomène.

---

(5) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 591.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'adsorption préférentielle et la diffusion de la lumière par des solutions de macromolécules dans certains mélanges binaires.* Note de M. **Egbert Kunst**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait depuis Debye ([1]) et Doty ([2]) que l'étude de la diffusion de la lumière par des solutions de macromolécules sous différents angles nous donne des renseignements sur le poids moléculaire moyen ainsi que sur la dimension et la forme des molécules. En traçant la courbe c/τ en fonction de c (où c = concentration, τ = turbidité) on trouve une droite dont la pente dépend de la chaleur de mélange et tend vers zéro pour les hauts poids moléculaires dans de mauvais solvants. La valeur de l'ordonnée pour $c = 0$ mesure le poids moléculaire.

Debye, Ewart et leurs collaborateurs ([3]) ont montré que la situation est différente si au lieu d'utiliser un solvant unique, on utilise un mélange solvant-précipitant : dans certains cas, non seulement la pente mais aussi l'ordonnée pour $c = 0$ est une fonction de la composition du mélange. Ce phénomène s'explique par une adsorption préférentielle du solvant par le polymère, c'es-à-dire qu'à proximité immédiate des molécules du polymère, le liquide est plus riche en solvant qu'ailleurs, d'où un appauvrissement en solvant du reste de la solution. Nous désignons par ψ_p la fraction en volume du précipitant et par ψ_s celle du solvant. La grandeur $\partial\psi_s/\partial c$ qui peut être déduite de ces expériences, est une mesure de cet appauvrissement, c'est-à-dire de l'adsorption préférentielle. Les auteurs précités, qui ont étudié le polystyrolène dans différents solvants en utilisant comme précipitant des alcools et des alcools chlorés, ont toujours observé une adsorption préférentielle du solvant.

Nous avons étendu ces mesures à d'autres solvants en utilisant comme précipitant, d'une part l'éthanol, de l'autre le *n*-hexane. L'appareil était analogue à celui décrit par Debye ([4]). L'intensité de la lumière diffusée sous différents angles était mesurée à l'aide d'une cellule photoélectrique à multiplication d'électrons. L'étalonnage de l'appareil a été fait en remplaçant la solution par du sulfure de carbone, substance pour laquelle la valeur absolue de l'intensité diffusée est bien connue ([5]). A titre de contrôle, nous avons déterminé le poids moléculaire d'une fraction très étroite de polystyrolène, dont la valeur était connue par osmométrie. Les deux valeurs concordaient à

([1]) *J. Appl. Phys.*, 15, 1944, p. 338.

([2]) *J. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 76.

([3]) R. H. Ewart, C. P. Roe, P. Debye et J. R. Mc Cartney, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 687.

([4]) *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 392.

([5]) *Tables annuelles de Constantes*, XI, XII, 16, 1937, p. 28-3.

1 % près. Toutes les mesures ont été corrigées pour la diffusion du solvant, la dépolarisation de la lumière diffusée et la dissymétrie de sa distribution angulaire; de celle-ci nous avons déduit R, la distance des segments terminaux pour cette molécule en pelote. Les résultats de nos mesures sont réunis dans le tableau I (pour $M = 0,65.10^6$, R est trop faible par rapport à la longueur d'onde pour qu'il puisse être mesuré avec assez d'exactitude).

TABLEAU I.

Polymère.	Solvant.	Précipitant.	Ψ_p.	$\frac{\partial \Psi_s}{\partial c}$	R(Å).
Polystyrolène $M = 1,75.10^6$..	benzène	–	–	–	1640
	»	éthanol	0,10	0,08	1550
	»	»	0,20	0,15	1350
	»	»	0,25	0,25	1170
	»	»	0,285*	0,40	870
	»	*n*-hexane	0,20	0	1400
	»	»	0,50	0	1280
	»	»	0,59*	0	860
Polystyrolène $M = 0,65.10^6$..	CCl_4	éthanol	0,235*	0,19	–
	CCl_4	*n*-hexane	0,50*	0	–
	$CHCl_3$	éthanol	0,33*	0,25	–
	$CHCl_3$	*n*-hexane	0,70*	0	–
	benzène	acétone	0,50	0	–

Les valeurs de Ψ_p marquées d'un * correspondent à la limite de précipitation.

Voici les conclusions de ce travail :

1° Pour tous les solvants étudiés, on observe une adsorption préférentielle du solvant lorsque l'éthanol est utilisé comme précipitant. Au point de précipitation, cette adsorption décroît dans l'ordre C_6H_6, $CHCl_3$, CCl_4.

2° *Aucune adsorption préférentielle n'est observée lorsque le n-hexane est utilisé comme précipitant.*

3° Les dimensions de la molécule diminuent quand on passe du solvant pur à des mélanges de plus en plus riches en précipitant, comme l'avait observé Doty ([6]). Au point de précipitation, la distance entre les segments terminaux devient la moitié de ce qu'elle est dans le benzène pur, cette distance étant la même pour les deux types de précipitants. Cette valeur est encore deux fois plus grande que celle que donne la formule de Kuhn ([7]); cela indiquerait l'existence d'une barrière de potentiel de l'ordre de 1,8 Kcal ([8]) favorisant la position *trans*. Dans le benzène pur (chaleur de mélange ∼ 0) cette barrière est de l'ordre de 3,6 Kcal.

([6]) P. M. Doty, W. Affens et B. H. Zimm, *Trans. Farad. Soc.*, 42 B, 1946, p. 66.
([7]) *Kolloïd-Z.*, 68, 1934, p. 2.
([8]) H. Benoit, *J. Polymer. Sc.*, 3, 1948, p. 376.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la contraction accompagnant la dessiccation des pâtes céramiques et sur un appareil propre à enregistrer la courbe de Bigot.* Note (*) de MM. **Eugène Joumier** et **Joseph Perrier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait depuis longtemps que le retrait à la dessiccation des pâtes céramiques est bien loin de varier proportionnellement à la quantité d'eau évaporée : la courbe « contraction-perte de masse », fortement inclinée au début du séchage, s'incurve au bout de quelques heures et tend vers une direction quasi parallèle à l'axe des masses. A. Bigot ([1]) paraît avoir été le premier à entreprendre l'étude systématique de ces courbes, dont il a montré la grande variété dans la série des pâtes argileuses industrielles. Depuis, les céramistes V. Bodin, P. Gaillard et, plus récemment, M. P. Munier, ont attiré l'attention sur l'intérêt pratique de la courbe dite de Bigot pour guider la technique du séchage : l'évaporation qui, sous peine de provoquer déformations et fissures, doit être très lente tant que le point figuratif est sur le tronçon incliné, peut être notablement accélérée aussitôt atteint le quasi-pâlier de la courbe.

Ces considérations nous ont engagés à construire un appareil pour tracer automatiquement les courbes de Bigot ; et nous y sommes parvenus, au laboratoire d'Imphy, en faisant appel à un principe déjà utilisé dans le thermomagnétomètre Chevenard ([2]) : par le jeu d'un seul organe mobile autour d'un point fixe, l'enregistreur compose l'inclinaison d'une balance et la déviation d'un levier mû par la contraction.

Le fléau F de la balance (*fig.* 1), suspendu à des paires *ff*, *ff* de fils en V,

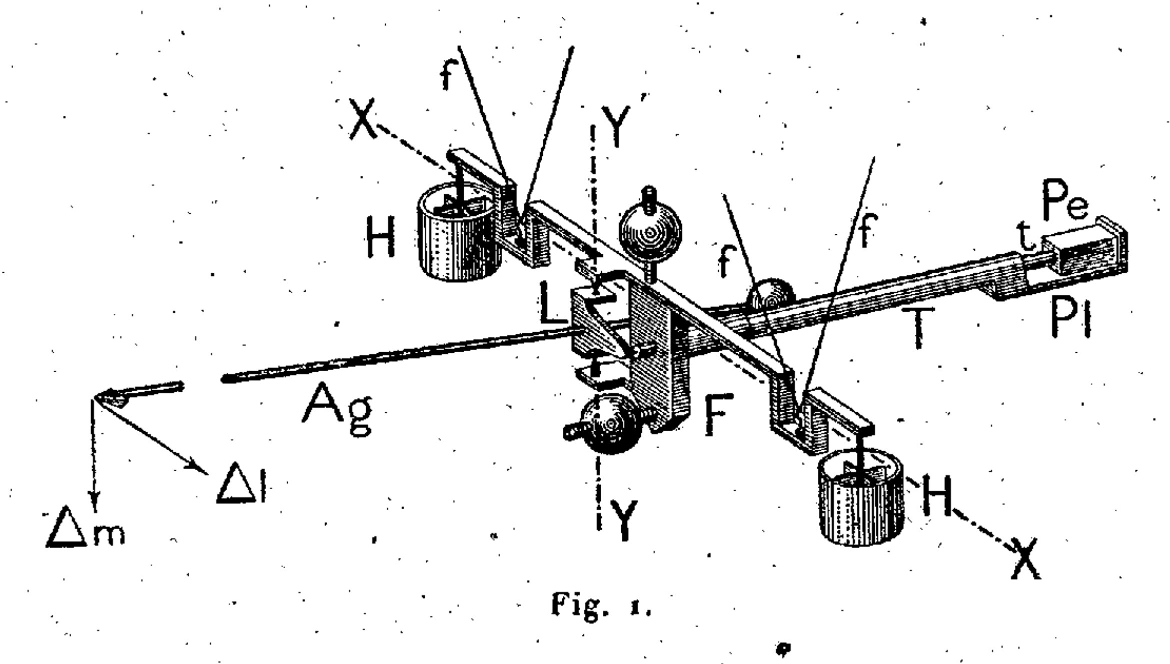


Fig. 1.

a pour long bras un tube de silice fondue T prolongé par une plateforme à rebord Pl ; l'autre bras est une tige filetée portant un contrepoids. Sur la plate-

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 755.

([2]) *Journal de Physique et le Radium*, série VII, 3, 1932, p. 264.

forme, repose un prisme Pe de la pâte étudiée : longueur 20^{mm}, section 1^{cm^2} environ. Une étuve permet de porter jusqu'à 105° la température de l'argile, puis de la maintenir constante.

Quand l'eau s'évapore, le fléau s'incline autour de l'axe XX' et la plume fixée au bout de l'aiguille Ag éprouve un déplacement vertical Δm quasi proportionnel à la perte de masse. Elle subit en même temps un déplacement horizontal Δl qui représente la contraction du prisme, transmise par la tige de silice t et amplifiée par un levier L articulé autour de l'axe YY'. La courbe de Bigot, ainsi décrite par la plume, s'enregistre sur un papier dont le plan est normal à la direction moyenne de l'aiguille.

Un contact intermittent de la plume et du papier, produit par un moteur synchrone, élimine tout frottement. Grâce à cet artifice et à l'amortissement réalisé par deux freins à huile H, H, les graphiques enregistrés sont parfaitement nets. Un mouvement d'horlogerie, qui interrompt la marche du moteur synchrone à intervalles réguliers, découpe la courbe en tronçons isochrones et enregistre ainsi la vitesse du séchage. Enfin, une légère obliquité de l'axe YY' par rapport à la normale XX' corrige l'erreur causée par la contraction même du prisme, dont le centre de gravité se déplace légèrement.

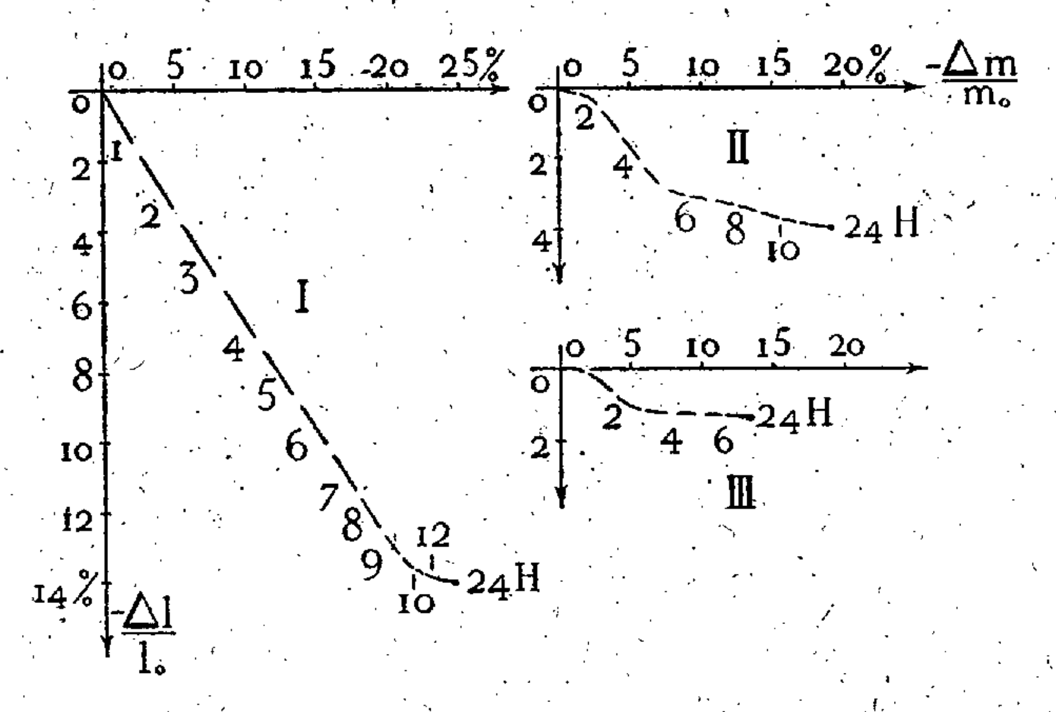


Fig. 2. — Courbe I, argile pour briques rouges normales; courbe II, limon ferrugineux pour briques de construction; courbe III, schiste minier (Bruay) pour briques de pavage.

A. Bigot avait cru pouvoir réduire les courbes *contraction-masse*, qu'il déterminait point par point, à deux tronçons rectilignes raccordés par un coude arrondi. La figure 2 montre combien les courbes enregistrées diffèrent de ce schéma : il est donc permis d'espérer que l'appareil décrit facilitera une analyse plus précise du séchage, dans des conditions variées de température, d'humidité, etc. Dans l'ordre pratique, l'allure très différente des courbes obtenues avec trois argiles à briques souligne l'intérêt de baser sur leurs indications la technique du séchage le plus sûr et le plus rapide. On peut envisager enfin l'application du même appareil à l'étude de nombreuses

réactions qui font intervenir à la fois un changement de volume et une variation de masse : carbonisation des houilles, décomposition chimique des matières plastiques, absorption d'un gaz par un corps poreux, etc.

THERMOCHIMIE. — *Sur les mélanges d'acide perchlorique et d'anhydride acétique.* Note (*) de M. **Ernest Kahane**, présentée par M. Louis Hackspill.

On sait que l'acide perchlorique hydraté, notamment à la concentration de son azéotrope (É 203°; *d* 1,70; 72,4 %) ne réagit pas à froid avec les matières organiques (¹). Aussi a-t-on considéré qu'il n'y a pas de danger à mélanger l'acide perchlorique, *d* 1,60 à 1,65, à l'anhydride acétique, à l'échelle du laboratoire en vue de l'oxydation de la cystine (²), et même à l'échelle industrielle, en vue du polissage électrolytique des métaux (³).

Néanmoins on peut redouter *a priori* que l'anhydride acétique n'agisse comme déshydratant dans ce mélange, et que celui-ci ne se comporte comme un système acide perchlorique anhydre-acide acétique. Ce système pourrait présenter tous les inconvénients de l'acide perchlorique anhydre, spontanément explosif, même en l'absence de matières organiques. Si les techniques dérivées de celles de Jacquet ont été appliquées pendant longtemps sans aucun accident, elles ont donné lieu récemment à quelques explosions, et il importe de préciser les réactions dont les mélanges d'acide perchlorique hydraté et d'anhydride acétique sont le siège. Quelles que soient les conditions d'addition des deux réactifs, il se produit un échauffement très important, et souvent un brunissement du liquide, analogue à celui qui a été observé sur les mélanges d'acide perchlorique *d* 1,61 et d'acide acétique au voisinage de 200° (⁴), avec formation de ClH et de produits organiques divers, halogénés ou non.

J'ai fait l'étude calorimétrique de ces mélanges dans l'espoir de déterminer la nature de la réaction. Les quantités de chaleur mises en jeu sont faibles en comparaison de celles qui résultent de l'oxydation de la substance organique, et une très légère attaque, se traduisant par un jaunissement peu accentué du liquide et l'apparition de traces de ClH à peine perceptibles, suffit pour dénaturer complètement l'expérience. Des résultats assez concordants ont été obtenus par mélange d'acide perchlorique *d* 1,70, correspondant approximativement à ClO_4H, $2,5H_2O$, et d'anhydride acétique dissous dans 5 à

(*) Séance du 18 octobre 1948.

(¹) E. Kahane, *L'action de l'acide perchlorique sur les matières organiques et ses applications analytiques* (*Thèse Sc.*, Paris, 1934).

(²) G. Tonnies et T. F. Lavine, *J. Biol. Chem.*, 100, 1933, p. 463-477.

(³) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1232.

(⁴) A. Vialard-Goudou, *Contribution à l'étude de l'acide perchlorique; action sur les composés organiques* (*Thèse Pharm. Sup.*, Paris, 1937).

10 volumes d'acide acétique cristallisable. Dans ces conditions, l'échauffement est plus faible et le jaunissement, qui témoigne d'une attaque spontanée, est insensible.

Les mesures ont été effectuées dans un calorimètre de Bunsen ou dans un simple vase de Dewar, et rapportées à la molécule d'acide perchlorique; elles ont porté sur un large intervalle de concentrations relatives

$$R = \frac{ClO_4H, 2{,}5H_2O}{(CH_3CO)_2O},$$

compris entre 10 et 0,1. La chaleur dégagée est maximum au voisinage de $R = 0{,}4$, soit $20{,}6 \pm 1{,}8$ calories. Elle est en bon accord avec la différence de la chaleur d'hydratation de l'anhydride acétique $2{,}5 \times 13{,}9 = 34{,}8$ calories, et celle de l'acide perchlorique à 69 % : 16,4 calories, soit 18,4 calories.

Tout se passe comme si l'anhydride acétique déshydratait l'acide perchlorique, de telle sorte que le système formé soit constitué par un mélange d'acide acétique et d'acide perchlorique anhydres, ne donnant lieu lui-même à aucun phénomène calorifique.

$$2{,}5(CH_3CO)_2O + ClO_4H, 2{,}5H_2O \rightarrow 5\,CH_3CO_2H + ClO_4H + 18{,}4 \text{ cal.}$$

S'il venait cependant à réagir, ce serait d'une façon violemment exothermique qui pourrait prendre une allure explosive. A l'optimum,

$$(CH_3CO)_2O + 2(ClO_4H, 2{,}5H_2O) \rightarrow 4\,CO_2 + 2\,ClH, 8\,H_2O + 392{,}6 \text{ cal.}$$

le mélange correspondant au rapport $R = 2$ dégage 392,6 calories, soit 999 calories par kilogramme, c'est-à-dire un chiffre voisin de celui de l'acide picrique (1000 cal.) ou du coton-poudre (1025 cal.).

Il y a donc lieu d'être circonspect dans l'emploi de ces mélanges qui peuvent présenter certains des risques de l'acide perchlorique anhydre. Si des accidents plus nombreux n'ont pas été enregistrés jusqu'ici, c'est grâce à la prudence des opérateurs qui ont évité l'échauffement au cours de la préparation des bains, le contact de ceux-ci avec des matières organiques plus oxydables que l'acide acétique, et grâce à la composition des bains industriels fort éloignée de celle du mélange le plus dangereux, qui est responsable de l'accident le plus grave ([5]). Conformément à une règle générale, j'ai toujours observé que la propagation des attaques perchloriques est fortement ralentie par un large excès soit de l'agent oxydant, soit de la substance organique ([6]).

Non seulement les bains industriels correspondent à des rapports R compris entre 0,21 et 0,56, mais ils reçoivent souvent une quantité d'eau suffisante

---

([5]) Les mélanges d'acide perchlorique et d'alcool, également préconisés pour le polissage électrolytique, sont très dangereux et doivent être exclus.

([6]) E. Kahane, *Z. Anal. Chem.*, 111, 1937, p. 14.

pour l'hydratation de l'anhydride acétique. On se trouve ainsi ramené aux conditions dans lesquelles j'ai observé avec Vialard-Goudou que la réaction ne s'amorce qu'au voisinage de 200°, et qu'elle est lente. Il est superflu dans ces conditions d'hydrater extemporanément l'anhydride acétique. C'est la solution à laquelle s'est ralliée récemment Jacquet ([7]), en préconisant, pour les aciers, un bain contenant 50$^{cm^3}$ de ClO_4H, d 1,60 pour 100$^{cm^3}$ de CH_3CO_2H crist.

CATALYSE. — *Microporosité d'un catalyseur en carbone.* Note (*) de M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

Le carbone amorphe activé catalyse l'oxydation de l'hydrogène sulfuré mélangé au gaz d'éclairage ou de cokerie. Cette propriété est utilisée à l'échelle industrielle, mais on constate d'énormes différences dans l'aptitude des carbones à cette catalyse. La nature de la porosité du charbon activé joue un rôle important ([1]). Or, la diffusion des rayons X aux petits angles permet l'observation d'hétérogénéités de structure dans un domaine s'étendant environ de 20 à 200 Å; on a donc pu utiliser ce phénomène pour étudier la porosité fine de ces catalyseurs.

Les échantillons ont été chimiquement caractérisés par la détermination des indices classiques attachés aux charbons actifs et par l'étude directe de leur pouvoir catalytique dans la catalyse indiquée d'oxydation de l'hydrogène sulfuré.

On a ainsi les échantillons types :

Échantillons (numéros).	Indice de bleu de méthylène.	Indice d'iode.	Indice de trempage (porosité totale).	Indice de rétention (liquide restant absorbé après 1 heure d'étalage à l'air).	Quotient de l'indice de trempage par l'indice de rétention.
1 A..........	5	99	56	33	1,7
2	18	142	112	39	2,5
3 B..........	24	136	133	35	3,8
4	49	180	190	30	6,3
5 C..........	15	60	76	7	11
6	11	30	136	3	45

L'étude de l'aptitude à la catalyse montre que les charbons 5 et 6 sont nettement les meilleurs, c'est-à-dire qu'ils arrêtent le plus longtemps l'hydrogène sulfuré et peuvent fixer jusqu'à 50 et 60 % de leur poids de soufre. Par contre les charbons 2 et 3 arrêtent bien H_2S au début du passage des gaz, mais rapidement leur pouvoir catalytique tombe et l'hydrogène sulfuré passe alors sans être totalement arrêté.

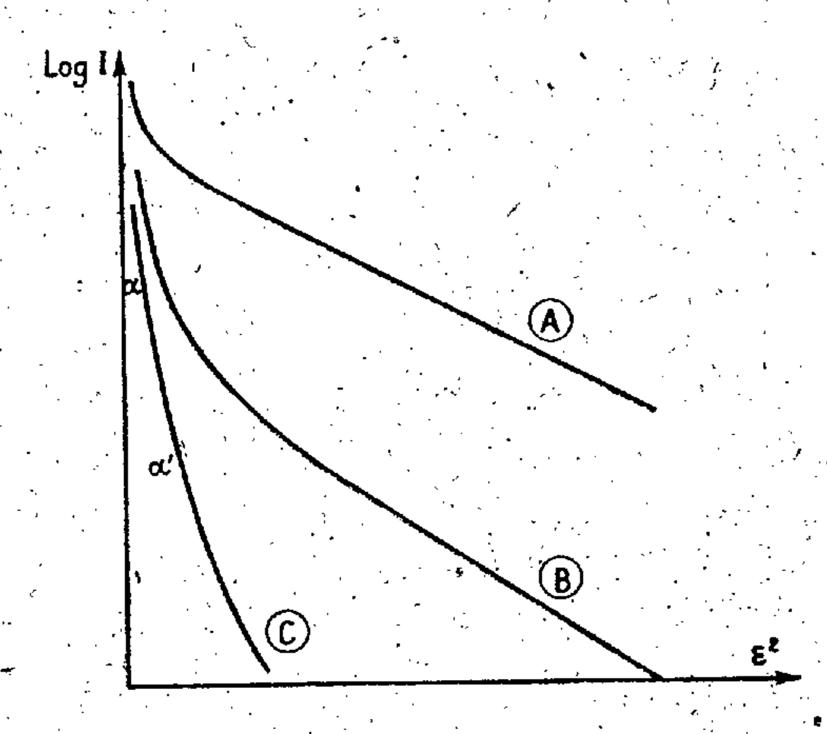
([7]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 556.

(*) Séance du 11 octobre 1948.

([1]) Brevet français déposé par la Société Carbonisation et Charbons Actifs.

Or il est à remarquer que les meilleurs catalyseurs de désulfuration ne sont ni les charbons qui ont la plus grande porosité totale, ni ceux qui ont le meilleur pouvoir absorbant pour les vapeurs organiques (par exemple le benzol), ce qui correspond à un fort indice de rétention et ce qui est le cas des charbons 2, 3 et 4.

La diffraction des rayons X aux petits angles, produite par ces divers types d'échantillons pour des intensités incidentes identiques de rayons X, donne des résultats nettement différents. On obtient approximativement trois types de caractéristiques de diffusion. La caractéristique de diffusion est la courbe représentative de la variation de $\log I$ en fonction de ε^2 (I étant l'intensité I des rayons diffusés sous l'angle ε par l'échantillon, quand il est irradié par un pinceau bien défini de rayons strictement monochromatiques [2]).



La figure représente les courbes $\log I = f(\varepsilon^2)$. Nous n'avons tracé que les courbes A, B et C. On en conclut :

1° La noix de coco activée est le charbon actif présentant les pores les plus fins, car sa caractéristique comprend une partie rectiligne à pente très faible vers les plus grandes valeurs de l'angle de diffusion centrale.

Comme pour tous les autres charbons, les pores sont de tailles diverses, toutefois les très petits pores ont une grande importance et l'on n'en trouve pas d'aussi petits dans les autres charbons.

2° Les charbons absorbants pour vapeurs benzoliques sont du type B, intermédiaire entre A et C. Ces charbons contiennent de très petits pores.

3° Les bons catalyseurs n'ont pas de très petits pores et présentent une caractéristique C particulièrement typique par sa grande pente.

Si l'on évalue la pente de la partie rectiligne $\alpha\alpha'$ sur la caractéristique C, on en déduit une valeur du rayon de giration des particules diffusantes qui lui

---

(2) H. Brusset, *Thèse*, Paris, 1947.

correspondent. On trouve

$$R = 26\ \text{Å}.$$

Si les pores étaient les cavités sphériques, leur rayon serait

$$R' = \sqrt{\frac{5}{3}}, \qquad R = 34\ \text{Å}.$$

Pour le phénomène étudié un bon catalyseur doit contenir peu de pores d'un diamètre inférieur à une soixantaine d'angströms.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les potentiels normaux et la constitution des solutions aqueuses de polysulfures.* Note (*) de Mme **Dora Peschanski** et M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Paul Pascal.

Des ions polysulfurés S_y^{--}, pour lesquels $1 \leqq y \leqq 5$, prennent naissance par action du soufre solide sur une solution aqueuse d'un sulfure alcalin [1]. Le but de la présente Note est de montrer qu'en supposant connus les potentiels normaux [2] des divers couples oxydo-réducteurs existants, l'on peut déduire leurs proportions (*et par conséquent l'indice moyen* $\overline{y}$ *contrôlable analytiquement*) de la molarité totale en soufre de monosulfure c, le potentiel d'oxydo-réduction e et le pH de la solution étudiée.

Parmi les divers groupes, non indépendants, de systèmes oxydo-réducteurs en présence, le choix des couples

$$(1) \qquad y\, S_{y-1}^{--} \rightleftharpoons (y-1)\, S_y^{--} + 2\varepsilon$$

paraît indiqué. Les paramètres directement accessibles $(c, \overline{y}, e, \text{pH})$ sont liés à 20°C. à la composition et aux potentiels normaux e_y^0 par les 7 équations :

$$(2) \qquad [SH^-] + [S^{--}] + [S_2^{--}] + [S_3^{--}] + [S_4^{--}] + [S_5^{--}] = c,$$

$$(3) \qquad [SH^-] + [S^{--}] + 2[S_2^{--}] + 3[S_3^{--}] + 4[S_4^{--}] + 5[S_5^{--}] = c\overline{y},$$

$$(4)\ (5)\ (6)\ (7) \qquad e = e_y^0 + 0{,}029 \log_{10} \frac{[S_y^{--}]^{y-1}}{[S_{y-1}^{--}]^y} \qquad (\text{avec } y = 2;\ 3;\ 4;\ 5),$$

$$(8) \qquad \frac{[S^{--}][H^+]}{[SH^-]} = 10^{-14,9}.$$

On néglige ainsi, en regard des autres termes de (2), (3) : *a.* les ions d'indice supérieur

(*) Séance du 20 septembre 1948.

(1) Mme Peschanski, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 770.

(2) Il s'agira de potentiels normaux *apparents*, c'est-à-dire rapportés aux concentrations unités au lieu des activités unités. Ils dépendent, en principe, de la force ionique et seront ici exprimés au moyen de la convention de signe inverse de celle de G. N. Lewis.

à 5; *b.* les ions hydrogénés polysulfurés $HS_{\bar{y}}^{-}$ acides relativement forts [3]; *c. a fortiori* les polysulfures d'hydrogène S_yH_2; *d.* l'hydrogène sulfuré.

Si donc l'on cherchait à préciser d'abord les potentiels utiles e_y^0 au moyen de données purement expérimentales, il faudrait, en principe, examiner séparément 4 états, mais le système des 28 équations à 28 inconnues ainsi posé, serait inextricable.

Pour une première approximation, nous avons essayé les valeurs *a priori* plausibles des potentiels normaux :

$$e_2^0 = -0{,}558; \quad e_3^0 = -0{,}526; \quad e_4^0 = -0{,}477; \quad e_5^0 = -0{,}412 \text{ volts.}$$

Elles ont été déduites des considérations suivantes, auxquelles les mesures de l'un de nous [1] ont fourni les éléments numériques :

a. Le potentiel normal e_5^0 du système $5S_4^{--} \rightleftharpoons 4S_5^{--} + 2\varepsilon$ est tiré de (7) en supposant qu'aux valeurs de $\bar{y}$ très voisines de 5, S_5^{--} et S_4^{--} sont prépondérants; *b.* le potentiel normal ($e^0 = -0{,}315$) de formation de S_5^{--} selon

$$(9) \qquad S_5^{--} \rightleftharpoons 5S + 2\varepsilon,$$

est déduit du potentiel e mesuré pour $\bar{y} = 5$, en présence de soufre solide [4]; *c.* en groupant ces deux valeurs, on obtient l'énergie libre normale de la réaction de sulfuration

$$(10) \qquad S_4^{--} + S \rightleftharpoons S_5^{--};$$

d. Il est d'autre part vraisemblable que l'affinité pour le soufre diminue quand la polymérisation de l'ion augmente, et *une hypothèse consiste à supposer qu'elle varie à peu près en progression arithmétique* avec $\bar{y}$. En comparant [4] (9) à la réaction

$$(11) \qquad S^{--} \rightleftharpoons S + 2\varepsilon$$

dont le potentiel normal ($e^0 = -0{,}49$) est connu, on obtient la somme des termes de cette progression, dont (10) fournit le 4e, d'où séparément chaque terme; *e.* en additionnant successivement pour les diverses valeurs de y

$$(12) \qquad S_y^{--} \rightleftharpoons yS + 2\varepsilon$$

et

$$(13) \qquad S_{y+1}^{--} \rightleftharpoons S_y^{--} + S,$$

on calcule de proche en proche, partant de (11), les potentiels normaux de formation de tous les ions polysulfurés et il est facile d'en déduire les potentiels normaux des 4 couples (1).

Si l'on se donne, en sus des e_y^0, les valeurs (c, e, pH) correspondant à un état réalisé, la résolution du système d'équations (2), (4), (5), (6), (7), (8) se

(3) Cette supposition a d'ailleurs été faite par W. H. Latimer (*Oxydation potentiels*, Prentice Hall Inc., New-York, 1938, p. 34) qui a essayé d'obtenir très indirectement des potentiels normaux analogues à ceux ici en cause, mais dont les valeurs paraissent inconciliables avec les résultats expérimentaux de l'un de nous (1).

(4) G. Valensi, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 352.

ramène à l'équation

(14) $[SH^-] + A_1[SH^-] + A_2[SH^-]^2 + A_3[SH^-]^3 + A_4[SH^-]^4 + A_5[SH^-]^5 = c.$

Les coefficients A_y sont faciles à relier aux e_y^0, à e et au pH. Chaque terme s'identifie au terme de même rang de (2), c'est-à-dire exprime une des teneurs cherchées. L'équation (3), *non encore utilisée*, fournit alors $\bar{y}$. Le tableau qui suit compare, à titre d'exemple, les valeurs de $\bar{y}$ ainsi calculées aux résultats obtenus par l'un de nous ([1]), au voisinage de la demi-molarité.

									$\bar{y}$	
c.	e.	pH.	$[SH^-]$.	$[S^{--}]$.	$[S_2^{--}]$.	$[S_3^{--}]$.	$[S_4^{--}]$.	$[S_5^{--}]$.	calc.	exp.
0,433	−0,472	13,19	0,314	0,006	0,035	0,055	0,018	0,003	1,49	1,45
0,456	−0,463	13,08	0,280	0,004	0,053	0,076	0,035	0,008	1,93	1,96
0,410	−0,440	12,93	0,130	0,001	0,023	0,107	0,102	0,047	2,76	2,71
0,408	−0,425	12,93	0,058	0,001	0,015	0,100	0,139	0,092	3,40	3,33
0,408	−0,411	12,91	0,027	0,000	0,013	0,080	0,151	0,136	3,86	3,75
0,433	−0,389	12,54	0,017	0,000	0,004	0,052	0,151	0,210	4,23	4,22
0,430	−0,374	12,31	0,012	0,000	0,002	0,035	0,135	0,246	4,40	4,46
0,418	−0,352	12,14	0,004	0,000	0,001	0,019	0,107	0,287	4,61	4,67
0,442	−0,298	11,59	0,001	0,000	0,000	0,004	0,057	0,380	4,84	4,83

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination du degré de condensation des ions basiques de plomb par mesures de produits de solubilité.* Note (*) de M. **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans des précédentes communications ([1]), ([2]), ([3]) nous avons montré par deux méthodes différentes qu'en milieu homogène et pour des concentrations du cation bien déterminées, les ions basiques de plomb existent en solution à l'état tétracondensé. Il nous a donc semblé nécessaire de rechercher si un phénomène identique se produit lorsqu'on opère en milieu hétérogène, c'est-à-dire à l'équilibre entre sel basique peu soluble et ion correspondant.

Cette étude est basée sur l'introduction d'une nouvelle variable : la concentration de l'anion. Si l'on met en suspension du nitrate basique *diplombique* $(NO_3)_2Pb, Pb(OH)_2$ dans des solutions de teneurs variables en ions $\bar{NO_3}$ et si l'on opère en force ionique constante, l'évolution de la solubilité de ce sel est fonction de $[\bar{NO_3}]$ suivant une loi qui dépend du degré de condensation de l'ion basique en équilibre avec ce dernier.

(*) Séance du 11 octobre 1948.

([1]) J. Faucherre et R. Schaal, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 118.

([2]) M. Geloso et J. Faucherre, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 200.

([3]) M. Geloso et J. Faucherre, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 430.

Soit, en effet, n le degré de condensation de cet ion basique, le produit de solubilité du nitrate basique *diplombique* sera de la forme :

$$[(\overset{n+}{\mathrm{Pb}}\overset{-}{\mathrm{O}}\mathrm{H})_n][\overset{-}{\mathrm{NO}}_3]^n = \mathrm{S}. \tag{1}$$

Les quantités entre crochets représentent les concentrations des différentes espèces d'ions. Nous pouvons nous permettre une telle approximation si l'on maintient constante la force ionique de la solution ([4]). La relation (1) fournit donc un produit de solubilité apparent à la force ionique μ considérée.

Soit s la teneur en plomb total de la solution, rapportée à un atome de plomb. La stabilité de l'ion basique est très suffisante pour écrire ([5])

$$[(\mathrm{PbOH})_n] \simeq \frac{s}{n}.$$

Soit x la concentration des ions $\overset{-}{\mathrm{NO}}_3$ introduits dans la solution, on a $[\overset{-}{\mathrm{NO}}_3]^n = (s+x)^n$, d'où : $s.(s+x)^n = \mathrm{K}n = \mathrm{K}'$ puisque n est constant ou encore : $\log s = \log \mathrm{K}' - n \log(x+s)$, en différentiant il vient

$$\frac{d \log s}{d \log(x+s)} = -n. \tag{2}$$

Cette relation différentielle doit être égale à -4 si l'hypothèse résultant de nos travaux antérieurs est exacte.

Nous avons préparé le nitrate diplombique par addition de la quantité théorique de soude dans du nitrate de plomb pur. L'addition d'alcali s'effectue goutte à goutte sous un énergique barbotage d'azote. Le précipité est recueilli sur plaques en verre fritté, après 24 heures d'agitation, lavé puis introduit aussitôt dans une série de flacons paraffinés contenant un mélange en proportions variables de nitrate et de perchlorate de calcium ([6]). L'addition de perchlorate permet de maintenir constante la force ionique de la solution. Afin d'accélérer l'équilibre solide-solution, chaque flacon est soumis à une agitation énergique de 24 heures ([7]). On prélève alors un volume connu de la solution surnageante et l'on ajoute de l'acide nitrique de telle sorte que sa concentration soit

---

([4]) Sur la légitimation de l'emploi des concentrations en lieu et place des activités ioniques, consulter les Notes précédentes.

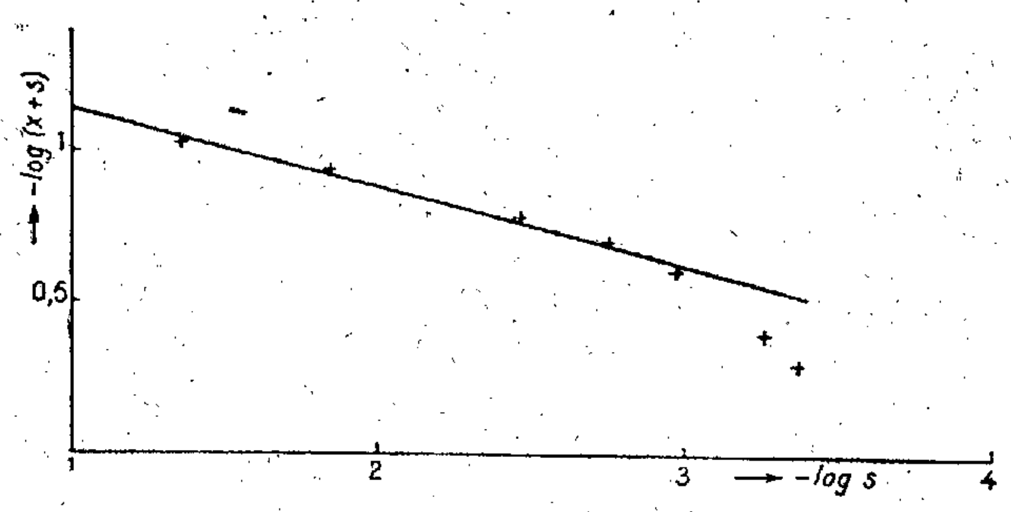
([5]) Le pH des différentes solutions étudiées se situe entre 6,70 et 7,00, en excellent accord avec le pH relevé sur la courbe de titrage d'une solution de $(\mathrm{NO}_3)_2\mathrm{Pb}$ dans un milieu de force ionique identique au point d'abscisse correspondant au sel $(\mathrm{NO}_3)_2\mathrm{Pb}$, $\mathrm{Pb(OH)}_2$. La quantité d'ions $\overset{-}{\mathrm{O}}\mathrm{H}$ en solution étant extrêmement faible, il faut en conclure que la dissociation de l'ion basique en ions $\overset{-}{\mathrm{O}}\mathrm{H}$ et Pb^{++} est quasi nulle.

([6]) Concentration totale en ions Ca^{++} : 5.10^{-1}M.

([7]) Dans toutes ces opérations, les précautions d'usage de protection contre le CO_2 de l'air ont été respectées.

0,25 N, on dose alors au polarographe le plomb total passé en solution. Il est reconnu que, dans ces conditions, le dosage du plomb à l'électrode à goutte de mercure est particulièrement précis.

Les points expérimentaux se situent d'une manière satisfaisante sur une droite de pente très voisine de 4, ce qui, d'après la relation (2) correspond à $n = 4$ [8]. Les ions basiques de plomb en équilibre avec le nitrate diplombique peu soluble seraient donc, comme en milieu homogène, de la forme $\{(\overset{++++}{PbOH})_4\}$.



On constate sur la figure qu'aux fortes concentrations en ions $\bar{NO_3}$ ($\bar{NO_3} > 4.10^{-1}$ M) les points deviennent aberrants, ce qui pourrait s'expliquer par une association : ion $\{(\overset{++++}{PbOH})_4\}$ — ion $\bar{NO_3}$, analogue à celle qui fut mise en évidence par Näsanen [9] et Righelatto [10] dans le cas des ions Pb^{++} simples et $(PbNO^3)^+$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Influence de l'acide nitreux sur la nitration de la diméthylaniline en milieu nitrique. Application au dosage des traces d'acide nitreux dans* NO_3H. Note (*) de M. **François-Michel Lang**, présentée par M. Louis Hackspill.

Ce n'est qu'après une *période d'induction* plus ou moins longue suivant les conditions expérimentales que l'acide nitrique dilué (20 %) agit sur la diméthylaniline donnant naissance au nitrate de paranitrosodiméthylaniline et à des produits d'oxydation. Le milieu, d'abord limpide et incolore, jaunit, puis vire au brun, et enfin la nitrosation s'accompagne d'une brusque précipitation de produit, caractérisée par l'apparition d'un trouble [1], [2].

---

(8) Dans le cas d'ions bi, tri... condensés, la pente eût été respectivement de 2, 3, etc.

(9) *Ann. Acad. sc. fennicae* (Helsinsky), 13, novembre 1944.

(10) E. C. Righelatto et C. W. Davies, *Trans. Farad. Soc.*, 26, 1930, p. 592.

(*) Séance du 4 octobre 1948.

(1) F.-M. Lang, *Thèse, Faculté des Sciences*, Paris, 6 janvier 1948.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1381.

Les facteurs qui influencent la durée de cette période sont les mêmes que ceux qui agissent sur la formation des vapeurs nitreuses dans NO_3H : chaleur, luminosité, matières organiques et naturellement addition d'acide nitreux (sous forme de NO_2Na par exemple). En maintenant tous les autres facteurs constants, nous avons essayé de faire varier la quantité d'acide nitreux, introduit sous forme d'une solution connue de NO_2Na (NO_2Na en solution dans l'acide nitrique dilué peut être considéré comme l'équivalent d'une molécule de NO_2H; au contraire en milieu nitrique concentré, la moitié de la molécule est détruite et l'on ne retrouve, en le diluant ultérieurement, que la moitié d'une molécule de NO_2H).

Nous avons construit des courbes types en portant en abscisse la quantité de nitrite de soude (calculé en NO_2H pour 100^g de NO_3H réel) et en ordonnée le temps nécessaire à l'apparition du trouble après introduction de la diméthylaniline. Nous avons vérifié que nos résultats étaient reproductibles à condition de ne doser que de faibles quantités de NO_2H. D'autre part il est possible, si l'on opère à basse température, d'étendre d'eau les solutions nitriques concentrées *à bas taux de vapeurs nitreuses*, en ne modifiant que très peu cette quantité de vapeurs. La méthode est donc valable pour doser des traces de vapeurs nitreuses dans un acide nitrique de n'importe quelle concentration, traces non dosables par les méthodes habituelles.

Fig 1. — Influence de la luminosité. Fig. 2. — Influence de la dilution.

En pratique on ramène à 20 % le titre de l'acide (en ajoutant soit de l'eau, soit de l'acide nitrique plus concentré et ne contenant naturellement pas trace de vapeurs nitreuses, il faut opérer à froid et très lentement). Ensuite on ajoute à 50$^{cm^3}$ de cette solution, maintenue à 0° C., 1$^{cm^3}$ de diméthylaniline et l'on maintient le vase à réaction à l'abri des poussières. Pour éviter l'influence du facteur luminosité on opère en deux phases : 1° on porte le temps observé sur une courbe obtenue précédemment avec des solutions de teneurs connues en NO_2H (*fig.* 1, courbe B par exemple) : 2° on refait un essai en menant en

parallèle la solution à analyser et deux solutions de titre connu encadrant le résultat trouvé sur la courbe, ce qui permet d'obtenir facilement la correction due à la différence de luminosité.

Les meilleurs résultats sont obtenus pour des quantités de l'ordre de 5^{mg} de NO_2H pour 100^g de NO_3H réel (erreur relative 1/20); ils sont encore très intéressants jusqu'à 30^{mg} de NO_2H (erreur relative 1/10); au dessus de cette quantité la méthode au MnO_4K devient préférable. On peut en outre affirmer avec certitude si un acide contient moins de 1^{mg} de NO_2H pour 100^g de NO_3H réel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation de certaines réactions en série anthracénique.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Raymond Brisson**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les scissions et transpositions particulières par l'acide chlorhydrique que nous avons observées ([1]) sur le diquinol dihydroanthracénique phénylé α-furylé (VIII), imputables au cycle furannique, peuvent se rattacher à un certain nombre de faits connus.

On peut, en effet, considérer ces réactions comme étant de même nature que les attaques du cycle furannique par les acides, déjà signalées dans les publications [*voir* entre autres ([2])]; une ressemblance plus directe avec ce qui se passe pour le diphényl α-furylcarbinol (II) doit être mise en évidence. De plus, nous pensons voir aussi, dans le comportement du diquinol dihydroanthracénique phénylé α-furylé (VIII), quelques analogies avec ce qui se passe avec les méso dérivés des mésométhylméthylidène dihydroanthracènes et benzanthracènes (V). Le but de cette Note est précisément de relier ces phénomènes en essayant de leur donner une interprétation commune.

Confirmant les données de Ushakov et Kucherov ([3]), nous avons constaté que le diphényl α-furylcarbinol (II) et son éther méthylique, $C_{18}H_{16}O_2$, F 43-45° [Litt. (3) $É_{10}$ 180-182°] donnaient à froid, en présence d'alcool chlorhydrique, l'alcoxy-5 benzhydrylidène-2 dihydro-2.5 furanne (IV), par mésomérie de l'ion carbénium (III *a* ⟷ III *b*) (une action plus poussée transformerait ensuite le corps en benzhydryl-2 alcoxy-5 furanne puis en acide δ-diphényllévulique).

Avec les mésodérivés alcoxylés ou acétoxylés des mésométhylméthylidènes

---

(*) Séance du 27 septembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 208 et 288.

([2]) H. Gilman et G. F. Wright, *Chem. Rev.*, 11, 1932, p. 345; *Traité de V. Grignard*, 18, 1945, p. 61; A. P. Dunlop, *Ind. Eng. Chem.*, 40, 1948, p. 208.

([3]) *J. Chim. Gén.* (U. R. S. S.), 14, 1944 p. 1073; *Chem. Abstracts*, 40, 1946, p. 7185[2].

dihydroanthracènes et benzanthracènes (V), Fieser et ses collaborateurs ([4]), ont constaté la migration des alcoxyles ou des acétoxyles sur le carbone méthylique, permettant d'aboutir à des composés anthracéniques (VII). Nous pensons qu'il est possible d'envisager également cette réaction comme une mésomérie (VI*a* ⟷ VI*b*) d'ion carbénium.

Nota. — On n'a indiqué que les formules limites prépondérantes qui interviennent dans les réactions.

Pour expliquer les réactions observées dans le cas du diquinol phénylé α-furylé (VIII) on peut appliquer des mécanismes similaires en s'aidant des analogies de structure. En effet, on est en droit de considérer la molécule du diquinol (VIII) comme provenant de la réunion, par mise en commun de deux phényles latéraux, d'une molécule de triphénylcarbinol (I) et d'une molécule de diphényl α-furylcarbinol (II) ([5]). On aurait alors la superposition et la

---

([4]) R. B. Sandin et L. F. Fieser, *J. Am. Soc.*, **62**, 1940, p. 3098; R. B. Sandin, R. Kitchen, et L. F. Fieser, *id.*, **65**, 1943, p. 2018; L. F. Fieser et S. T. Putnam, *id.*, **69**, 1947, p. 1043.

([5]) Une hypothèse analogue avait été très fructueuse pour prévoir la protooxydabilité du mésodiphénylanthracène par Ch. Dufraisse et A. Etienne, (*Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 280).

composition des mécanismes des deux exemples de transpositions anionotropiques indiqués ci-dessus.

Ainsi, sous l'action de HCl aqueux, il y aurait, dans la molécule (VIII), départ simultané, ou en deux stades, des deux oxhydryles en 9′ et 10′ de l'anthracène. Deux cas peuvent alors se présenter suivant que l'on opère sans alcool ou avec alcool. Ce seraient les anions $OH^{\ominus}$, de l'eau, lorsqu'il n'y a pas d'alcool, ou $OR^{\ominus}$, de l'alcool ROH, qui se fixeraient en 5 du cycle furannique pour donner respectivement les carbéniums en résonance : IX*a* ⟷ IX*b* (opération sans alcool), XI*a* ⟷ XI*b* (opération avec alcool). Il y aurait en plus un départ facilité de l'H en 5 à l'état de proton. Sans alcool, on obtiendrait alors le (phéno-9′ anthranyl)-2 hydroxy-5 furanne (X*a*) en tautomérie avec la lactone (X*b*). En présence d'alcool il y aurait hydrolyse du composé (XII), avec formation de l'éther-sel (XIII) du (phéno-9′ anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oïque, correspondant à l'alcool utilisé.

Il est curieux de remarquer qu'avec H au lieu d'OH en 9′, comme chez le phényl-9 furyl-10 hydroxy-10 dihydro-9.10 anthracène (XIV), par exemple, on obtient, dans les mêmes conditions, le phényl-9 furyl-10 anthracène (XV*b*), par HCl en présence ou non d'alcool. La déshydratation, par l'intermédiaire de l'ion multipolaire (XV*a*), est plus rapide et se produit avant toutes les transpositions pouvant affecter le cycle furannique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos de l'étude spectrographique des photooxydes anthracéniques : un fait nouveau sur l'addition maléique.* Note (*) de M. **Iván Gillet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions apporté à la constitution proposée pour les photooxydes (I), l'appui d'une première série de mesures spectrographiques portant sur l'anthracène simple.

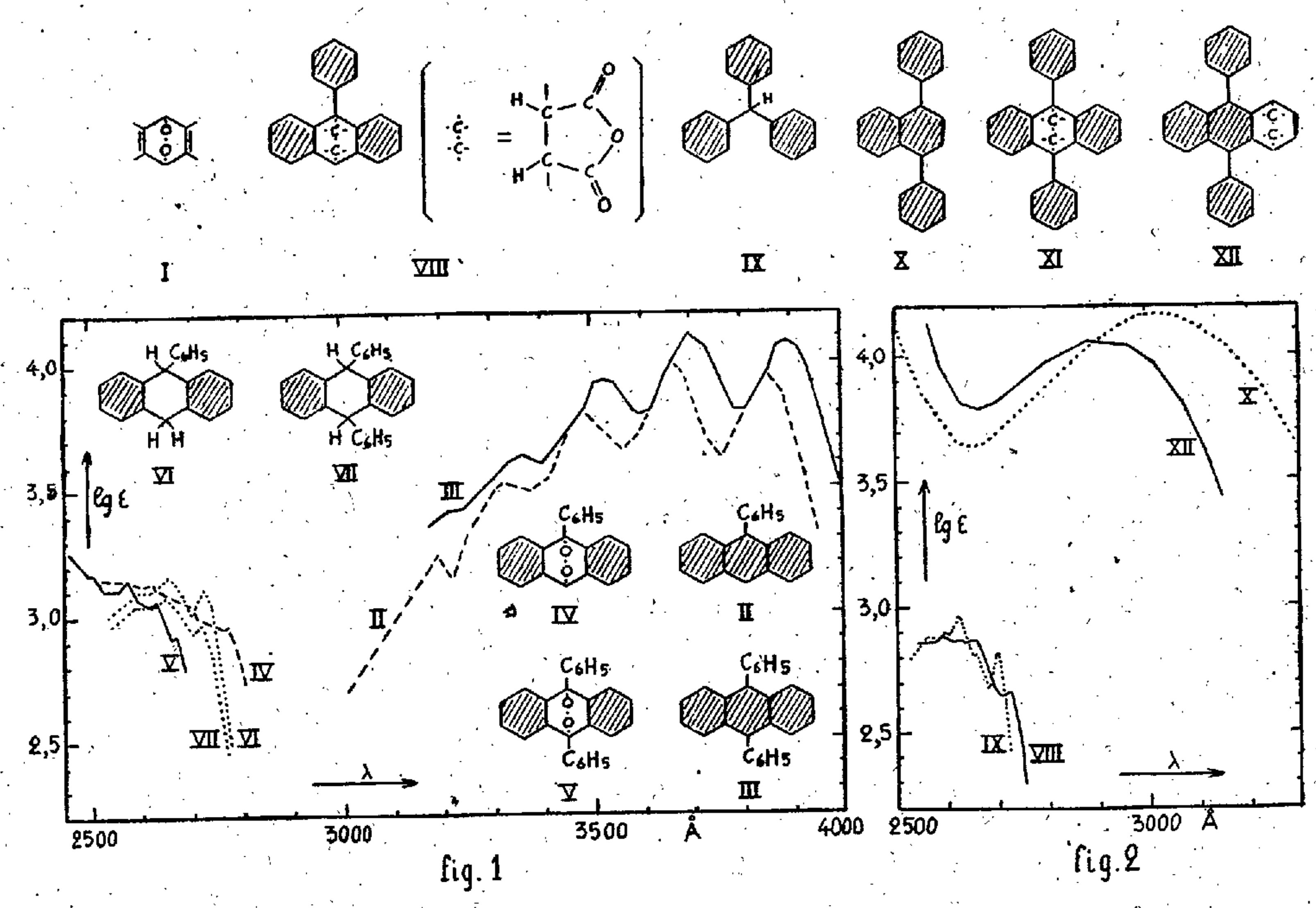
En poursuivant les mesures dans les séries du phényl-9 anthracène (II) et du diphényl-9.10 anthracène (III), nous avons vu nos conclusions se confirmer. Les photooxydes (IV) et (V) de ces deux derniers corps sont bien des dérivés des dihydrures (VI) et (VII). On voit, en effet (*fig.* 1), que dans chacune de ces deux séries la courbe d'absorption, anthracénique, de l'hydrocarbure de départ est transformée, lors de l'addition d'oxygène, en une courbe de type benzénique, voisine de celle du dihydrure. Le système mésomère anthracénique est scindé en deux systèmes benzéniques indépendants ; le carbone et l'oxygène sont donc bien unis en méso par des liaisons chimiques normales.

Pour affermir encore nos conclusions, nous avons voulu, comme pour

(*) Séance du 4 cotobre 1948.

([1]) Ch. Dufraisse et I. Gillet, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 191.

l'anthracène simple, pousser plus loin la comparaison en prenant les spectres des dérivés d'addition maléique. Cela nous a mis en présence d'un fait nouveau inattendu. Alors que la courbe d'absorption du dérivé maléique (VIII) du phényl-9 anthracène est située, comme on s'y attendait, dans la même région benzénique que celle du dihydrure correspondant (VI) (*fig.* 1), où elle avoisine étroitement, celle du triphénylméthane (IX) (*fig.* 2), la courbe du dérivé maléique du diphényl-9.10 anthracène (XII) (*fig.* 2) s'écarte notablement de



Dans ces formules, les systèmes mésomères ont été hachurés.

cette région et ressemble de façon frappante à celle du diphényl-1.4 naphtalène (X). D'une part, le caractère d'adduct diénique simple du maléique du diphényl-9.10 anthracène est incontestable ([2]) mais, d'autre part, la formule (XI), antérieurement proposée ([2]), ne peut être retenue, car elle ne présente que des systèmes mésomères benzéniques indépendants. S'il avait la constitution supposée (XI), le corps devrait avoir un spectre d'absorption voisin de ceux des deux maléiques précédents, celui de l'anthracène et celui du phényl-9 anthracène. C'est pourquoi nous proposons, comme hypothèse de travail, la formule (XII), qui respecte la nature de dérivé d'addition du corps, tout en rendant compte de l'absorption diphénylnaphtalénique. Dans cette constitution, le système mésomère, responsable de l'absorption ultraviolette, serait en effet très voisin de celui du diphénylnaphtalène (X).

([2]) Ch. Dufraisse, M. et Mme L. Velluz, B., 5e série, 5, 1938, p. 1073.

L'anomalie s'expliquerait comme il suit : l'addition de l'anhydre maléique en 9.10 serait empêchée par l'encombrement stérique de deux phényles sur les mêmes sommets. En élevant la température, on arriverait alors à faire entrer en action un autre système diénique, normalement moins réactif que le diène en méso, en l'espèce le système 1-2-3-4. Ainsi s'expliqueraient, à la fois, les difficultés de la formation du maléique diphényl-9.10 anthracénique et son extrême instabilité (2).

MINÉRALOGIE. — *Sur le xylotile, variété ferrifère de sépiolite.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, M. **Stéphane Hénin** et Mme **Suzanne Mériaux**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le xylotile est un minéral brun fibreux que l'on rencontre en plaquettes, comme prpduit secondaire dans certaines roches éruptives (1).

Il a été considéré par quelques auteurs comme un chrysotile ferrifère; l'un de nous, en utilisant les résultats de l'analyse thermique, a pu établir qu'il s'agissait d'une espèce différente des constituants des serpentines (2).

Si l'on compare la courbe d'analyse thermique du xylotile à celles des autres minéraux fibreux, on est frappé de sa ressemblance avec celles des sépiolites, bien que les crochets soient mieux marqués dans le second cas. Rappelons que la courbe de la sépiolite se caractérise par trois inflexions endothermiques, l'une à 150° importante, la seconde à 400° peu accusée et la troisième à 750° nette, mais faible, et qu'elle présente en outre un crochet exothermique vers 780°. Les accidents de la courbe du xylotile se produisent avec la même importance relative à des températures inférieures et légèrement variables avec la teneur en fer.

Partant de cette observation, nous avons essayé, en utilisant d'autres méthodes, de vérifier la ressemblance ainsi constatée et d'établir si les deux minéraux considérés appartenaient bien au même groupe. Nous avons utilisé pour cela deux échantillons particulièrement purs de chacune des deux espèces, xylotile de Schneeberg et sépiolite d'Ampandrandava.

Les analyses chimiques fournissent les résultats suivants : *xylotile Schneeberg* : 46,60 de SiO_2, 0,65 Al_2O_3, 16,76 Fe_2O_3, 1,50 FeO, 0,32 MnO, 0,71 CaO, 15,49 MgO, 0,05 TiO_2, 8,12 H_2O-, 10,30 H_2O+; *sépiolite Ampandrandava* : 52,50 SiO_2, 0,60 Al_2O_3, 2,99 Fe_2O_3, 0,70 FeO, 0,47 CaO, 21,31 MgO, 12,06 H_2O-, 9,21 H_2O+, et permettent de se rendre compte que les deux minéraux ont des compositions équivalentes.

Les courbes de déshydratation faites, avec la thermobalance Chévenard,

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, Paris, 5, 1913, p. 5.
(2) S. Caillère, *Thèse* (*Bull. Soc. fr. Min.*, 60, 1936, p. 12).

présentent également de grandes analogies. Le tableau suivant indique les températures des principaux accidents ainsi que la perte de poids correspondant à chacun d'eux.

Xylotile de Schneeberg.		Sépiolite d'Ampandrandava.	
Températures des départs d'eau.	Perte de poids (%).	Températures des départs d'eau.	Perte de poids (%).
Eau hygroscopique	11,70	Eau hygroscopique	10,20
210°	2,90	250°	3,12
310	1,90	400	2,40
470	1,60	630	1,45
590	2,07	770	2,00
	20,17		19,17

Dans l'ensemble, les départs d'eau du xylotile se produisent à plus basses températures que ceux de la sépiolite. Ce fait ne diminue pas la valeur de l'analogie constatée, car il est général quand on compare un minéral magnésien à son équivalent ferrifère ([3]).

Évidemment, les données optiques et la densité sont différentes pour ces deux minéraux comme on pouvait s'y attendre, étant donné le remplacement du magnésium par le fer.

	n_p.	n_g.	Biréfringence.	Densité.
Sépiolite	1,49	1,50	0,010	2,08
Xylotile	1,56	1,58	0,020	2,30

L'élément décisif de cette comparaison est fourni par l'examen à l'aide des rayons X. En effet, on peut isoler des fibres de sépiolite et de xylotile qui donnent des diagrammes caractéristiques de la texture fibreuse. Les deux séries de taches sont aussi identiques que possible, quant aux équidistances et aux intensités estimées qualitativement. Elles sont très voisines de celles données par H. Longchambon ([4]) et G. Migeon ([5]). Suivant l'axe de la fibre, on constate une période de 5,3 Å dans les deux minéraux.

La concordance des résultats obtenus par les diverses méthodes permet donc de considérer le xylotile comme une variété ferrifère de sépiolite. Il ne semble donc pas nécessaire de maintenir ce nom dans la nomenclature.

([3]) S. Caillère et S. Hénin, *Compte rendu, Journées du Cobea,* Bruxelles, 1947 (sous presse).

([4]) *Bull. Soc. fr. Min.*, 60, 1936, p. 232.

([5]) *Bull. Soc. fr. Min.*, 60, 1936, p. 6.

GÉOLOGIE. — *Une ligne de dislocation majeure en Afrique occidentale et saharienne.* Note (*) de M. **Roman Karpoff**, transmise par M. Charles Jacob.

L'existence d'une très longue cassure, ou plutôt d'un axe de cassures, parallèle à la discordance de base du Pharusien dans la région orientale de l'Adrar des Iforas, m'autorise aujourd'hui à relier quelques observations éparses ayant trait à des régions qui s'échelonnent du Golfe de Guinée au cœur du Sahara.

Sur la côte méridionale de la Gold Coast, les bancs plissés et fossilifères d'une cuvette (?), d'âge dévonien moyen ou Accraïen, *sont coupés par de nombreuses failles* orientées 30° Est et 18° Ouest (¹).

En remontant vers l'intérieur des terres, au Nord-Nord-Est d'Accra, on rencontre bien vite des formations très probablement antécambriennes, le Buem et l'Akwapimien. Au contact de l'Akwapimien, les terrains du Buem sont violemment écrasés et faillés. Vers le Nord et le Nord-Ouest, la série d'Oti, d'âge probablement ordovicien, repose en discordance sur le Buem; elle occupe, avec le Voltaïen analogue, une superficie considérable et reste pratiquement horizontale, *sauf à sa bordure orientale où apparaissent des plis.*

Vers le Nord-Nord-Est, au Togo français, Kouriatchy signale dans le Buem des traces d'efforts mécaniques intenses : mylonites, roches laminées, tandis que de nombreuses failles coupent les terrains des Monts Togo (Akwapimien) (²). Comme en Gold Coast, les terrains d'Oti, normalement horizontaux, *sont légèrement plissés à leur limite* Est.

La chaîne des Monts Togo se continue au Dahomey (Monts Atacora); là encore, H. Hubert a remarqué la présence de failles, accompagnées du redressement brusque des bancs akwapimiens (³). Mais son observation la plus intéressante concerne le Gourma, région située au Nord de la chaîne de quartzites, où divers grès probablement ordoviciens sont horizontaux, à une seule exception près : à Saborga, à 45^{km} au Sud-Ouest de Diapaga et sur une courte distance, *les grès sont brusquement redressés à la verticale par le passage d'une faille.*

Vers le Nord du Gourma, les observations géologiques sont bien incomplètes, on sait que les formations anciennes affleurent dans le lit de certains cours d'eau. Puis, par delà le Niger, on traverse une vaste steppe à substratum tertiaire, secondaire et primaire, pour retrouver l'Antécambrien dans l'Adrar des Iforas. A la bordure orientale de ce massif, affectant la discordance de base du Pharusien ou s'en écartant très peu, existe une zone quelquefois très étroite où j'ai pu observer soit des mylonites (Adr. In Tedjenane), soit un écrasement violent atteignant même des granites hyperalcalins (Tin Essalag), soit enfin une lentille d'un grès très probablement primaire, longue de 300^{m}, intercalée dans des mylonites pharusiennes à 15^{km} au Nord d'In Azarraf. Il s'agit ici d'une zone de rupture, s'écrasant ou même se perdant dans quelques noyaux très rigides, et que j'ai reconnue sur une distance de près de 500^{km}. Le mouvement relatif est une remontée d'un bloc oriental pharusien, amenant quelquefois des gneiss au contact de phyllades (O. Tibeleïenine).

Laissant de côté toute citation de failles ou déformations voisines et parallèles à celle en

---

(*) Séance du 4 octobre 1948.

(¹) N. R. Junner, *Gold Coast Geol. Survey*, n° 10, 1940.

(²) *Chron. Mines coloniales*, 1934, p. 58-70.

(³) *Contribution à l'étude de la Géographie physique du Dahomey* (*Thèse*, Paris, 1908).

cours d'étude, par delà la grande pénéplaine antécambrienne située au Nord de Timissao, il est intéressant d'aborder l'Ahnet et le Mouidir. Dans ces régions, une longue avancée vers le Nord des terrains cristallins sans relief, plongeant jusqu'au cœur des plateaux primaires du Tassili, a été déjà décrite en 1904, par E.-F. Gautier (4). Cet accident important, dont un côté pittoresque se voit aux gorges d'Arak, sépare le Mouidir de l'Ahnet. Il a été attribué soit au passage de failles ayant soulevé un *gradin* cristallin (5), soit à un anticlinal avec plis-failles (6). De toutes façons, l'accident tectonique existe là, brutal et net, s'atténuant vers le Nord où il se perd à la bordure crétacée du Tidikelt.

En résumé, on distingue en plusieurs endroits d'Afrique Occidentale et du Sahara français, la cicatrice d'une étroite zone de dislocation, affectant les terrains antécambriens et primaires, mais antérieure aux terrains tertiaires de couverture (*grès argileux*) de la boucle du Niger. Individualisée déjà à la fin de l'orogénèse pharusienne, cette zone faible, orientée N-1/4-NE en moyenne, a rejoué lors des plissements hercyniens. Vu leur importance régionale très semblable et leur remarquable alignement sur un même axe de part et d'autre des terrains tertiaires de couverture qui voilent les affleurements vers le Niger, il est logique de voir dans ces deux lignes de failles les traces d'une dislocation unique pour laquelle je propose le nom de *Grande faille orientale de l'Adrar des Iforas;* sa longueur est de 2400km au moins.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur l'âge des couches houillères du Bassin de Blanzy (Saône-et-Loire).* Note (*) de M. PAUL CORSIN, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Bassin houiller de Blanzy (Montceau-les-Mines) a été étudié, en premier lieu, par Grand'Eury (1) qui a essayé de classer stratigraphiquement les faisceaux de couches qu'on y trouve. Pour cet auteur, la Grande Couche inférieure et la Grande Couche supérieure de Montceau correspondraient à l'Étage des Cordaïtées (= partie moyenne du Stéphanien moyen), tandis que les couches du couronnement (Découverts Maugrand et Saint-François) ou de Montmaillot appartiendraient à l'Étage des Calamodendrées (Stéphanien supérieur). Partant de cette base, il constatait alors que l'Étage des Filicinées (partie supérieure du Stéphanien moyen) manquait. Puis Zeiller, dans un Ouvrage magistral (2), a repris l'étude du Houiller de Blanzy. Il range les couches supérieures de Montceau-les-Mines (Découverts Saint-François, Sainte-Eugénie,

(4) *La Géographie*, 10, n° 1, 1904, p. 1-102.
(5) E. F. GAUTHIER et R. CHUDEAU, *Bull. Serv. Géol. Fr.*, 4e série, 7, 1907, p. 195-218.
(6) TH. MONOD et J. BOURCART, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 5, III, 1932, p. 245-297.

(*) Séance du 11 octobre 1948.
(1) *Flore carb. du départ. de la Loire et du Centre de la France*, 1877, p. 508.
(2) *Bassin houil. et perm. de Blanzy et du Creusot* (Mém. top. souter., 1906).

Maugrand et Sainte-Hélène), recoupées par les puits de mines dans les régions de Montmaillot et des Perrots dans le Stéphanien supérieur, comme l'avait fait Grand'Eury. Mais à l'encontre de ce dernier auteur, il place encore les assises sous-jacentes (couches nos 1 à 4, formant la zone médiane et la zone inférieure à cette dernière) dans l'Étage des Calamodendrées, avec, tout au plus, les couches les plus inférieures dans le Stéphanien moyen (zone supérieure de l'Étage des Filicinées).

Au cours d'un séjour à Montceau-les-Mines, du 26 au 28 janvier 1948, en compagnie de MM. Monomakhoff, Chef du Service de Géologie et du Gisement aux Charbonnages de France, et Bouroz, Directeur-Adjoint du Service géologique aux Houillères du Nord de la France, j'ai pu revoir les importantes collections recueillies là, avant et depuis la parution de l'Ouvrage de Zeiller. D'autre part, en utilisant l'Atlas de ce dernier auteur ([2]), j'ai complété mes connaissances sur la flore de Blanzy.

La flore des couches exploitées à Blanzy (couches nos 1 à 4) comprend, en laissant de côté les espèces banales et sans intérêt stratigraphique : *Callipteridium pteridium* Schloth., *C. gigas* Gutb., *Odontopteris Reichi* Gutb., *O. Brardi* Brong., *O. genuina* G. E., *O. obtusa* Weiss, *O. subcrenulata* Rost., *Mixoneura neuropteroides* Gœp., *Neuropteris crenulata* Brong., *N. pseudo-Blissi* Pot., *N. Planchardi* Zeil., *N. cordata* Brong., *Linopteris Brongniarti* Gutb., *L. Germari* Gieb., *Tæniopteris jejunata* G. E., *Pecopteridium Costei* Zeil., *Alethopt. Grandini* Brong., *Diplotmema Busqueti* Zeil., *D. Ribeyroni* Zeil., *Ovopteris pecopteroides* Landeskr., *Sphenopteris Matheti* Zeil., *S. pinnata* G. E., *Pecopteris cyathea* Schloth.. *P. Candollei* Brong., *P. hemitelioides* Brong., *P. lepidorachis* Brong., *P. oreopteridia* Schloth., *P. Daubrei* Zeil., *P. densifolia* Gœp., *P. polymorpha* Brong., *P. unita* Brong., *P. Bioti* Brong., *P. feminæformis* Schloth., *P. Pluckeneti* Schloth., *P. plumosa-dentata* Artis., *Sigillaria Brardi* Brong., *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. et Kaulf., *S. longifolium* Germ., *Cordaites lingulatus* G. E.

Remarques. — 1° L'*O. Reichi* est extrêmement abondant dans toute l'épaisseur des couches de Blanzy. Cette espèce est identique à celle figurée par Zeiller, dans sa Flore de Blanzy (Pl. XIX à XXII), sous le nom d'*O. minor*. Les différences, que Zeiller avait cru voir, entre l'*O. Reichi* et l'*O. minor* de Montceau ne sont dues qu'à ce que les divers échantillons proviennent de régions différentes de la fronde ou de frondes différemment placées dans la plante. En réalité, il s'agit d'une espèce unique pouvant en outre avoir les bords des

---

([2]) *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 689-691; *Succession régulière des zones végétales dans les bassins houillers français* (XIIIe Congr. géol. inter. Belgique, 1922, p. 607); *Stratigraphie du Westphalien et du Stéphanien dans les différents bassins houillers français* (Congr. de Stratigr. carbonif., Heerlen, 1927, p. 97); *Tableaux des flores succ. du Westph. sup. et du Stéphanien* (IIe Congr. Stratigr. carbon., Heerlen, 1935, p. 75).

pinnules contractés ou plus ou moins enroulés en dessous et simulant *Odontopteris minor* Brongniart.

2° Dans cette liste de plantes il y a lieu de souligner, outre la grande fréquence d'*O. Reichi*, l'abondance de *C. pteridium*, de *N. cordata*, de *L. Brongniarti*, de nombreux *Pecopteris* cyathéoïdes, de *Cordaites lingulatus* et de *Sphenoph. oblongifolium*, plantes que l'on trouve également dans toute la série des couches exploitées à Blanzy. On doit remarquer aussi, dans ces couches, la présence de *C. gigas*, *P. plumosa-dentata* et *O. Brardi*. Or ce sont, à quelques exceptions près, toutes les espèces caractéristiques du Stéphanien moyen tel qu'à plusieurs reprises l'a défini P. Bertrand (3).

3° Si l'on compare le Houiller de Montceau avec celui du bassin d'Épinac, on voit que la flore fossile de Blanzy renferme toutes les espèces trouvées dans l'étage moyen d'Épinac, et l'on doit remarquer que cet étage moyen est rangé par Delafond (4) dans le Stéphanien moyen.

Conclusions : Contrairement aux opinions exprimées précédemment, je place toutes les couches exploitées à Blanzy, aussi bien dans les Découverts que dans les puits (couches n° 1 à 4), dans le Stéphanien moyen ou Assise de Saint-Étienne caractérisée par la flore à *O. Reichi*, *C. pteridium* et *Cordaites lingulatus*. La présence d'*O. genuina*, *O. obtusa*, *P. Costei*, *N. Planchardi* et *N. pseudo-Blissi* dans les couches supérieures de Montmaillot et de Montceau (Découverts) précise que ces couches représentent le sommet du Stéphanien moyen.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Transformation expérimentale de la nervure en tige chez la feuille de Vigne isolée en survie.* Note (*) de Mlle **Germaine Debraux**, présentée par M. René Souèges.

J'ai signalé les modifications histologiques qui se produisent spontanément dans le pétiole de la feuille de Vigne isolée en survie : production de bois et de liber secondaires, d'un cambium interfasciculaire, d'un périderme et de tissus d'irrigation corticaux, radiaux et médullaires. Le pétiole, après plusieurs mois de survie de la feuille, s'est transformé en tige (1). Certaines de ces modifications histologiques spontanées, se répercutent sur toute la longueur des nervures, mais n'atteignent jamais l'importance qu'elles acquièrent dans le pétiole; les nervures principales d'une feuille de Vigne isolée depuis 5 mois sont peu modifiées; les cellules cambiales, entrées de nouveau en activité, se sont différenciées pour donner, d'une part, 2-3 assises d'éléments ligneux, d'autre part,

---

(4) *Bassin houil. et perm. d'Autun et d'Épinac* (Mém. top. souter., 1889).

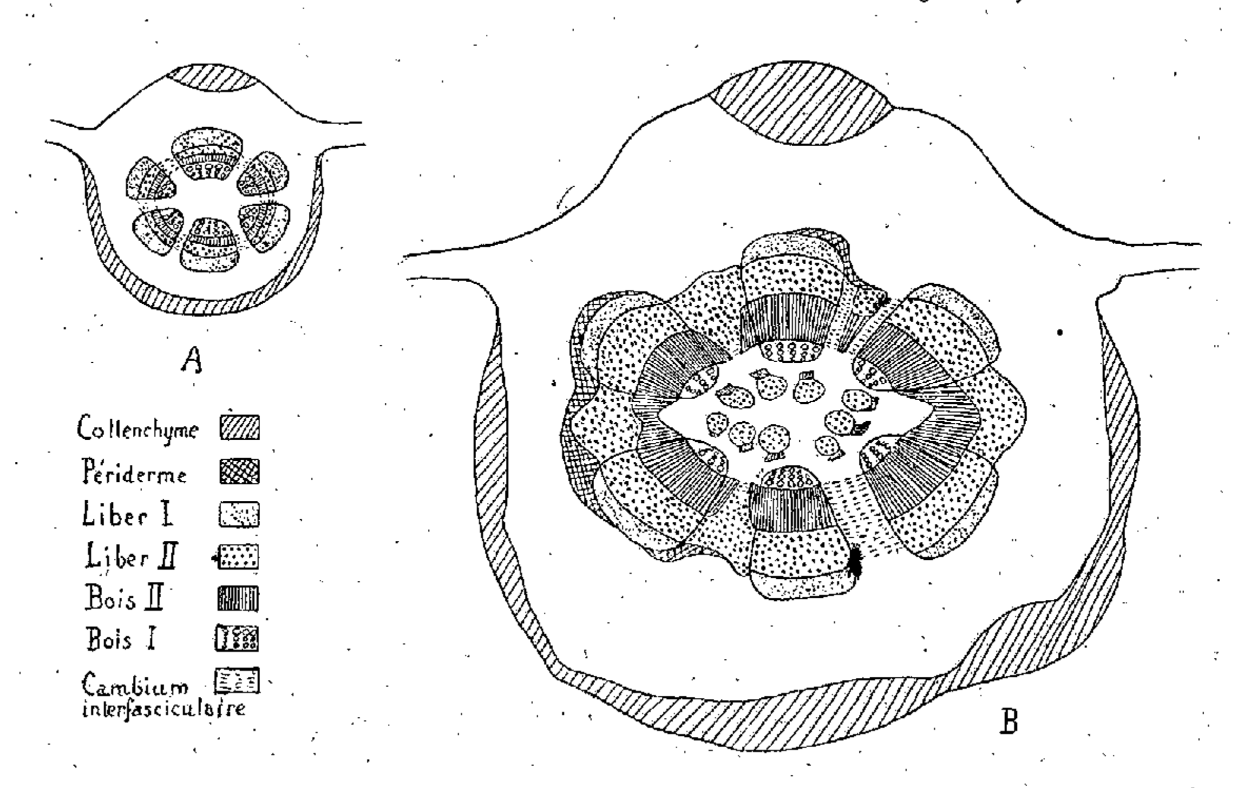
(*) Séance du 4 octobre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 223-225.

2-3 assises d'éléments libériens; par place, un cambium interfasciculaire s'est ébauché. Quelle que soit la durée de survie (14 mois) de la feuille de Vigne, je n'ai jamais observé d'autres modifications.

Cette Note a pour but d'attirer l'attention sur la transformation de la nervure foliaire en tige quand on maintient la feuille dans certaines conditions expérimentales.

J'ai conservé pendant cinq mois, en culture aseptique sur milieu gélosé renfermant uniquement 5 % de saccharose, des fragments de limbe d'environ 1^{cm^2} de surface, traversés par une nervure principale; ces fragments, traités ou non par l'acide α-naphtalène-acétique à $0^g,0500/00$ pendant cinq heures, ont été conservés soit à la lumière, soit à l'obscurité; ce dernier facteur ne change pas sensiblement les résultats, mais l'action préalable de l'hétéro-auxine provoque des modifications physiologiques (en particulier hydrolyse du saccharose et de l'amidon) sur lesquelles je reviendrai; je signale simplement ici les changements morphologiques et histologiques. Les fragments s'enracinent rapidement (à partir du 21[e] jour) et se conservent en



Section transversale schématique d'une nervure principale de la feuille de Vigne : A, feuille entière isolée âgée de 5 mois; B, fragment de limbe isolé en culture aseptique âgé de 5 mois.

excellent état; le limbe demeure vert, les racines n'acquièrent jamais de chlorophylle. La nervure principale du fragment a triplé son diamètre; les faisceaux libéro-ligneux sont considérablement allongés et épaissis; le bois et le liber secondaires comprennent chacun 10-15 assises d'éléments sans vaisseaux; les cellules du cambium interfasciculaire d'origine secondaire se différencient par place en éléments ligneux et libériens, établissant ainsi la jonction des faisceaux conducteurs et tendant à constituer un anneau continu de bois et de liber, ainsi que cela se produit dans le pétiole de la feuille isolée en survie; enfin, par endroits, s'est développé un périderme d'origine péricyclique (bien que le péricycle fasse défaut dans la nervure), réalisant

ainsi complètement la transformation de la nervure foliaire en tige (*fig.* B). Toutes les cellules du parenchyme cortical et du collenchyme, des rayons médullaires, des parenchymes ligneux et libériens, de la moelle, sont bourrées de grains d'amidon de grande taille. On n'observe aucune modification de l'épaisseur du limbe.

La moelle, dont les cellules se sont agrandies et multipliées, est presque entièrement occupée par des îlots de tissus d'irrigation analogues à ceux que j'ai signalés dans le pétiole. Dans les conditions anormales où se trouvent placés les fragments de feuille, les cellules de la moelle sont susceptibles de retourner à l'état méristématique et de se diviser en produisant un procambium donnant du bois sous forme de trachéides et du liber.

Il ressort de mes observations que la technique de la feuille isolée en survie constitue une excellente méthode dans les recherches d'histogenèse.

PHYTOCINÉMATIQUE. — *Sur le géotropisme des racines.*
Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. René Souèges.

On attribue la tendance que présente la racine de se diriger vers la terre à une réaction géotropique due à l'intervention de la pesanteur. On cite à ce propos les expériences classiques de la roue de Knight. On admet, à la suite de ces expériences, que, dans cette forme de tropismes, la pesanteur peut être remplacée par la force centrifuge (et est à tort considérée comme une force équivalente à celle-ci). Cette opinion est d'ailleurs basée sur la vieille croyance que la rotation, due à l'action d'une force centripète, donne naissance à une force, dirigée en sens inverse, qui est précisément la force centrifuge. On sait cependant que les corps qui se meuvent sur une orbite circulaire, après la suppression de cette force, dite centripète, poursuivent leur mouvement, non pas dans la direction présumée de la force centrifuge, c'est-à-dire dans le prolongement du rayon de l'orbite circulaire, qu'ils sont en train de parcourir, mais suivant la tangente à cette orbite, donc dans une direction perpendiculaire à ce rayon. D'où l'on peut conclure que cette force, dite centrifuge, loin de constituer une force réelle, est en réalité une force fictive, une simple manifestation de l'inertie des corps.

On interprète maintenant les réactions géotropiques des végétaux par la mise en jeu des hormones de croissance, et dernièrement Mlle C. Bulard [1] a pu montrer que l'acide indol-β-acétique, aux concentrations 100 à 400 mg/l, détermine une inversion du géotropisme des plantules de *Thuya orientalis* dans une proportion très élevée, surtout à l'obscurité.

On possède encore l'expérience du clinostat. Les plantules fixées sur cet

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 443.

appareil et tournant autour d'un axe horizontal, continuent leur développement indifféremment sur un plan horizontal, dans la direction même dans laquelle elles ont été placées. On sait d'autre part que lorsqu'on fait germer, dans des conditions normales, une graine de Haricot par exemple, la radicule, en se développant, s'échappe par le micropyle, se recourbe et descend verticalement dans la terre. Si on la fait germer dans un pot renversé, la radicule, dans sa descente en suivant la direction de la pesanteur, émerge bientôt au dehors et sort de la terre. Lorsqu'on effectue cette germination sur un clinostat, on sait d'avance que la plantule va se développer dans le plan horizontal, mais l'on ne peut rien prévoir *a priori* sur la direction que la radicule doit prendre; on ignore en effet si elle va émerger à la surface ou si elle s'enfoncera dans la terre.

Or, ayant demandé à l'expérience la réponse à cette question, nous avons constaté que la racine, tout en se développant dans le plan horizontal, comme prévu, s'enfonce dans la terre, au lieu d'émerger au dehors et venir à la surface. L'action de la pesanteur ayant été supprimée par le mouvement de rotation du pot autour de son axe horizontal, on voit ainsi intervenir l'action d'un autre tropisme, celui qui est exercé par l'humidité du sol (hydrotropisme) dans la croissance de la racine. La réaction normale de cet organe au cours de son développement dans les conditions naturelles est par conséquent la résultante de ces deux tropismes.

Nos expériences ayant été faites dans un récipient cylindrique en verre transparent, si nous lui donnons une position horizontale immobile, la racine descend toujours verticalement et la tige se dirige vers le haut, contre la paroi supérieure; si on lui donne une position renversée, la radicule, en se développant, au lieu de suivre fidèlement la direction de la pesanteur et de sortir immédiatement au dehors, poursuit sa croissance pendant un certains temps dans le sens horizontal, avant de venir émerger au dehors, tandis que dans la position normale, la descente de la racine dans la profondeur de la terre a lieu d'une manière absolument verticale. Il se produit donc dans le premier cas une dissociation partielle entre les effets de ces deux genres de tropisme, et l'hydrotropisme, plus efficace à certains moments, empêche la radicule de quitter le sol en lui imposant une direction parallèle à la surface.

Lorsque le pot est placé dans une position horizontale, et qu'on le fait tourner autour de son axe, il arrive quelquefois que la radicule sorte de la terre et vienne à la surface. Si la radicule et l'axe hypocotylé parviennent à ne pas s'éloigner trop de la terre humide, la radicule s'incurve et s'enfonce de nouveau dans la terre, mais si l'axe hypocotyle se développe tellement que la radicule s'éloigne beaucoup de la terre, sa croissance s'arrête. D'autre part, les radicelles qui naissent sur la partie de la racine restée au dehors s'incurvent et s'orientent toutes vers la terre, au lieu de s'étaler autour de la racine dans toutes les directions, ainsi qu'elles le font lorsqu'elles poussent dans la terre.

Si on laisse germer la graine au fond du récipient transparent, donc dans un endroit où elle reçoit de la lumière, mais où les conditions de l'humidité sont également réparties dans toutes les directions, la radicule, au lieu de fuir la lumière et de s'enfoncer dans la terre, cette fois en sens inverse de celle qui a germé près de la surface, s'étend au contraire parallèlement à la paroi du récipient.

Il résulte de ces expériences que la racine obéit à un double tropisme, dont il est facile de dissocier les effets.

ENTOMOLOGIE. — *Les organes parastigmatiques des Hémiptères* Nabidæ. Note de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Louis Fage.

Il existe, chez beaucoup d'Hémiptères Hétéroptères, appartenant à la famille des *Nabidæ*, des organes tégumentaires, qui n'avaient pas été signalés jusqu'ici. Ce sont des formations paires, toujours situées à la face ventrale de l'abdomen (*fig.* 1), et près des stigmates, d'où le terme de *parastigmatiques* par lequel je les désigne.

Chacun de ces organes est essentiellement formé par un groupe de poils, insérés sur une zone tégumentaire plus ou moins différenciée, et généralement déprimée en fossette (*fig.* 2 et 5); les poils sont des macrotriches peu différents de ceux du tégument normal, mais plus serrés et convergeant les uns vers les autres; ils sont en grande partie plongés dans une sécrétion, coagulable par l'alcool, et qui apparaît nettement sur les coupes histologiques (*fig.* 3).

Les modifications de l'hypoderme au niveau de ces formations, faibles chez les insectes adultes, sont plus marquées pendant la période d'activité intense avoisinant la mue. On observe alors, à proximité des organes parastigmatiques, une accumulation d'œnocytes, particulièrement nombreux et volumineux; peut-être sont-ils, au moins indirectement, en rapport avec l'élaboration de la substance qui emplit ces organes.

Les deux plus importantes sous-familles : celle des *Nabinæ* et celle des *Prostemminæ*, diffèrent nettement par la situation de leurs formations parastigmatiques; la diversité qu'y présentent celles-ci, dans le détail, fournit d'intéressantes indications sur les affinités des genres.

La plupart des *Nabinæ* présentent, sur l'urite 7, une paire d'organes parastigmatiques bien différenciés et propres aux imagos (*fig.* 1 et 2). Aux stades larvaires, il existe sur les urites 4 à 6, trois paires de formations comparables, mais moins différenciées; celles-ci, après la mue imaginale, tantôt deviennent vestigiales (*Nabis*), tantôt se développent (*Himacerus*; *fig.* 4); parfois les imagos possèdent uniquement des formations de type larvaire (*Dolichonabis*).

Les *Prostemminæ* n'ont qu'une paire d'organes parastigmatiques, situés chez les imagos latéralement et au bord antérieur du troisième urite. Ce ne sont que deux groupes de macrotriches convergents chez les *Pagasa* (et les larves d'*Alleorhynchus*); mais chez les

imagos de *Prostemma*, et plus encore d'*Alleorhynchus*, ces groupes de poils s'insèrent dans des dépressions profondes repoussant devant elles le bord de l'urite 2 (*fig.* 5).

Le genre *Phorticus* parmi les *Prostemminæ*, les petits groupes des *Pachynominæ* et des *Gorpinæ* sont dépourvus de tels organes.

Je n'ai pas trouvé de formations comparables chez les *Reduviidæ*, ni chez les *Anthocoridæ*, familles considérées comme voisines des *Nabidæ*. Par contre

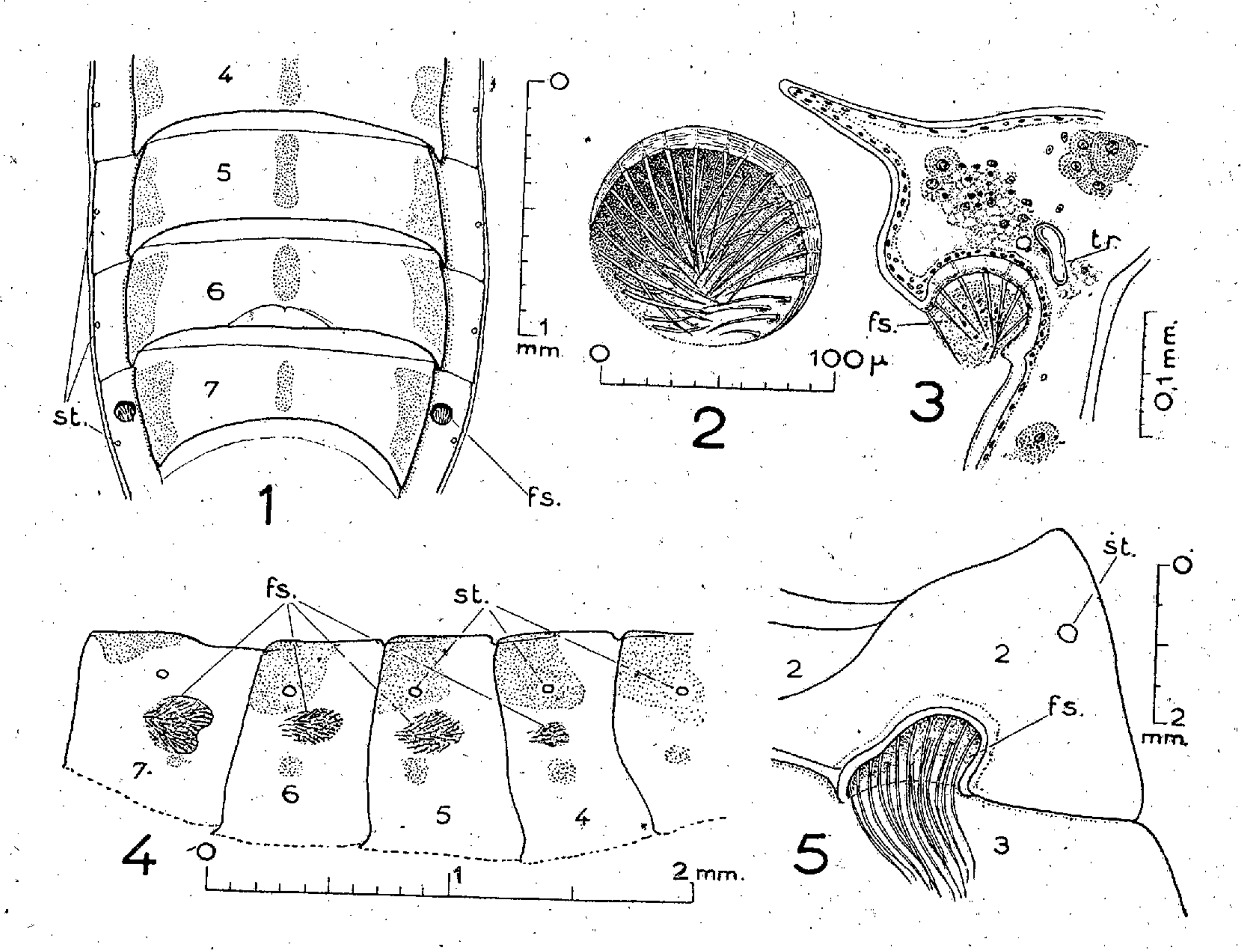


Fig. 1 à 3. *Nabis rugosus*, femelle. 1, face ventrale de l'abdomen; 2, fossette parastigmatique de l'urite 7; 3, la même dans une coupe transversale de l'abdomen. — Fig. 4. *Himacerus lativentris*, vue latérale de l'abdomen au stade imaginal. — Fig. 5. *Alleorhynchus flavipes*, mâle. Portion latérale de la région antérieure et ventrale de l'abdomen. *fs*, fossettes parastigmatiques; *st*, stigmates; *tr*, trachée stigmatique.

les organes sensoriels connus chez les Hydrocorises de la famille des *Nepidæ* ont une situation identique et, du moins chez les larves, une conformation proche de celle des fossettes des *Nabinæ*.

Les organes parastigmatiques des *Nabidæ*, pourvus de macrotriches articulés de type tactile, sont-ils des organes sensoriels d'un type particulier? Leur destruction expérimentale, non suivie de modifications d'attitude ou de comportement (chez les *Nabis*) ne semble pas confirmer cette hypothèse.

D'après une autre interprétation, ces formations tégumentaires seraient des

organes odoriférants, ainsi que me l'a suggéré V. B. Wigglesworth (¹). Cette opinion s'accorde mieux avec des particularités du comportement, que j'ai observées chez des *Prostemminæ* (relèvement marqué de l'abdomen à l'approche d'un congénère, qui dirige alors ses antennes vers les organes parastigmatiques).

ENTOMOLOGIE. — *Le comportement reproducteur est indépendant de la présence des ovaires chez* Polistes (*Hyménoptères Vespides*). Note de M. **Édouard-Philippe Deleurance**, présentée par M. Louis Fage.

L'analyse causale du comportement reproducteur des *Polistes* nous a conduit à rechercher le rôle éventuel que pouvaient avoir les ovaires dans le déterminisme des activités maternelles. En juin 1948, nous avons à cet effet ovariectomisé un petit lot d'ouvrières de *P. bimaculatus* F., âgées de moins de 9 jours. La résection se faisait au niveau du pédicelle ovariolaire : toute la masse ovarienne et la quasi-totalité du filament terminal étaient enlevées. Une autopsie ultérieure servait de vérification.

Nous avons constaté que l'activité des sujets qui avaient survécu à la castration était normale. Le trouble apporté par l'opération était fugace ; dans certains cas la guêpe reprenait ses apports au nid moins de 48 heures après. Aucune modification de comportement ne permettait de reconnaître les castrats de leurs compagnes normales auxquelles ils étaient mélangés, date à laquelle nous avons sacrifié la dernière ouvrière du lot, même 45 jours après l'ovariectomie. Nous pouvons de ce fait déclarer que chez l'imago la présence des ovaires n'est pas nécessaire à l'activité reproductrice. *Non seulement l'ovaire n'est pas à l'origine de l'impulsion psychique de cette activité, mais encore son fonctionnement n'est pas lié physiologiquement au maintien de cette activité.* Cette constatation est en quelque sorte la démonstration expérimentale de ce que l'observation précédemment rapportée sur *l'indépendance de l'état ovarien et de la fondation du nid chez* Polistes, nous suggérait fortement. Nous constations alors, en effet, que des fondatrices, bien qu'ayant des ovaires totalement développés, restaient inactives.

Nous ne pensons pas que cette indépendance du comportement reproducteur par rapport aux ovaires soit particulière aux ouvrières d'Hyménoptères sociaux ; lesquelles ont déjà, par nature, des gonades peu développées. Nos observations sur les Hyménoptères Prédateurs et les Abeilles solitaires rendent probables l'extension de cette règle à ces derniers et peut-être même à bien d'autres groupes d'Insectes.

Ajoutons que la castration n'a pas semblé affecter la *Dominance* sociale. Or au cours de précédentes expériences sur l'éventuel rôle inhibiteur qu'elle exercerait sur les ovaires de la guêpe *subordonnée*, expériences négatives, nous

(¹) Communication verbale.

avions conclu qu'il était fort probable qu'aucune relation de cause à effet n'existait entre la Dominance sociale et l'état ovarien. La présente Note confirmerait donc notre point de vue (1).

BIOLOGIE. — *Sur l'inhibition du développement des spicules chez la larve d'Oursin.* Note (*) de M. **Joseph Stolkowski**, présentée par M. Robert Courrier.

Benesch et ses collaborateurs (1) ont montré que certains sulfamidés à noyau non substitué inhibaient la calcification chez les Vertébrés en ralentissant l'action de l'anhydrase carbonique et de la phosphatase alcaline qui interviennent dans ce phénomène. Des résultats identiques ont été obtenus chez quelques invertébrés. En utilisant du benzène-sulfamide (inhibiteur partiel) j'ai pu retarder la régénération de la coquille chez les Hélix (2). E. Fauré-Frémiet, J. Stolkowski, J. Ducornet (3) ont étendu avec succès ces recherches au cas de l'Infusoire cilié *Coleps hirtus* (Nitzch) qui possède un tégument calcifié. Les larves d'Oursin, au développement si rapide, constituaient un matériel favorable pour une étude du même genre, et j'ai pu faire des élevages dans des solutions d'eau de mer contenant du benzène-sulfamide. Ces expériences ont été réalisées sur des larves de *Paracentrotus lividus* (Lamk) et d'*Arbacia æquituberculata* (Blainv.). Les témoins et les animaux traités étaient placés en grand nombre dans des tubes à essais, à une température moyenne de 17°. Les examens ont été faits en lumières naturelle et polarisée.

Une première série d'expériences, réalisée à des concentrations qui variaient (en normalité), de N/200 à N/800, sur des gastrulas, juste avant l'apparition du calcaire, mettait en évidence, d'une part l'existence d'un optimum d'action, pour ce stade, à N/400; d'autre part, l'inhibition très nette de la calcification. Pour des concentrations supérieures à N/400, le développement général est ralenti, et arrêté à N/200. Mais dans une solution de benzène-sulfamide N/400, les spicules des animaux traités n'apparaissent pas, restent à l'état embryonnaire sous forme de deux points ronds, calcifiés, placés symétriquement par rapport à l'axe de la gastrula, ou, dans les cas les plus défavorables, sous l'aspect de l'amorce triradiée caractéristique [(*Cf.* Marcel Prenant (4)]. Pour les concentrations plus faibles, on obtient des gastrulas normales également,

---

(1) Nos résultats semblent en désaccord avec ceux de L. Pardi (*Boll. dell' istit. Entom. Univ.*, Bologna, t. 18, 1946, p. 1.)

(*) Séance du 27 septembre 1948.

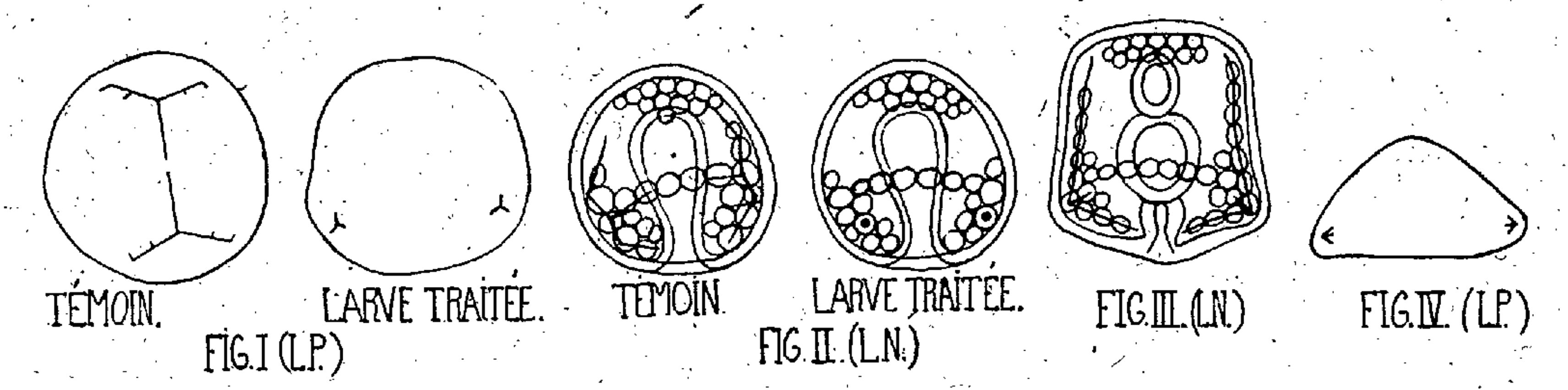
(1) M. R. A. Chance et L. E. Glynn, *Nature*, 155, 1945, p. 203.

(2) Travail non publié.

(3) *Biochemica et Biophysica Acta* (sous presse).

(4) *Bull. Biol. France et Belg.*, 60, 1926, p. 522-560

avec, en ce qui concerne les spicules, tous les stades intermédiaires entre les spicules normaux et ceux des larves traitées au benzène-sulfamide à N/400. Chez l'*Arbacia*, l'optimum est plus faible et varie à ce même stade, de N/400 à N/500. Cet optimum s'élève d'autre part avec le stade de développement.



Paracentrotus. 1. Inhibition réalisée juste à l'apparition du calcaire. Larves de 30 heures environ. (Lumière polarisée.) 2. Larves de 29 heures. Inhibition avant l'apparition du calcaire. (Lumière naturelle.) 3. Larve de 41 heures. Inhibition réalisée après formation des spicules triradiés. 4. *Arbacia*. Larve de 50 heures. Inhibition au stade blastula par B. S. à N/640, dose doublée à 33 heures. Rem. Les figures correspondent aux exemples les moins favorables.

Les résultats obtenus nous permettent de distinguer deux phases : l'une qui va de l'apparition du calcaire à la formation des bras, et l'autre qui commence au moment où ces bras se différencient pour aboutir au pluteus. Dans la première partie on a des gastrulas normales, sauf en ce qui concerne la croissance des spicules. On remarque seulement dans quelques cas, la présence des deux ébauches triradiées en une autre position qu'à la base du mésenchyme primaire, quoique toujours sur le tractus mésenchymateux. Dans la seconde phase, le pluteus ne se forme pas : Soit qu'on parte de larves inhibées avant l'apparition des spicules, soit qu'on arrête le dépôt du calcaire après la formation des premières baguettes, la segmentation du tube digestif se fait régulièrement, mais les bras ne peuvent se former (*fig.* 3). Finalement (et c'est une conséquence facile à prévoir dans ces conditions), on trouve des anomalies : abondance de mésenchyme, contorsion des baguettes si elles existent, et plus rarement spicule surnuméraire non calcifié. Il semble donc que les bras ne puissent se développer sans leur support calcaire. Cette constatation, venant après les travaux de M. Prenant, de Bouxin ([5]), confirmerait les suppositions de Runnström ([6]) et d'Ubisch ([7]), et permettrait de dissiper l'incertitude qui règne encore à ce sujet.

Enfin, il convient de remarquer que J.-A. Thomas ([8]) ayant étudié l'action de divers sulfamides, azoïques et sulfonés, sur l'évolution de l'œuf d'Oursin

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, 1926, p. 422-451.
([6]) *Arch. f. Entw. Mech.*, 124, 1931, p. 273-297.
([7]) *Arch. f. Entw. Mech.*, 124, 1931, p. 181-241.
([8]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 90 ; *C. R. Soc. Biol.*, 137, n° 3-4, 1943, p. 73.

n'a rien signalé de semblable, et par conséquent l'action du benzène-sulfamide semble bien spécifique.

Il est donc souhaitable de poursuivre cette étude en profondeur, en s'attachant plus spécialement à détecter et à localiser la phosphatase et l'anhydrase carbonique.

BIOLOGIE. — *La « Climatisation » de la Termitière par ses habitants et le transport de l'eau.* Note de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Termites possèdent des tégûments minces qui laissent facilement s'évaporer l'eau des humeurs. Pour éviter une dessiccation fatale, ils doivent vivre dant une atmosphère humide (au minimum 50 % d'humidité relative) et ingérer de l'eau en nature qu'ils prennent, d'ordinaire, avec leurs aliments solides (bois, humus).

Les espèces souterraines se cantonnent aux niveaux où elles trouvent le degré hygrométrique leur convenant (preferendum hygrométriqne) et les suivent lorsqu'ils se déplacent sous l'influence de la sécheresse, des pluies, du rayonnement solaire.

La termitière réalise, d'ordinaire, un microclimat beaucoup moins sujet à varier que le climat général (70 à 98 % d'humidité relative). Mais, dans les pays à pluie rare ou à longue saison sèche, il arrive qu'elle se dessèche, et ses habitants, pour subsister, ont alors deux ressources : ou l'abandonner, ou l'humidifier. Les deux sont utilisées.

A la fin de la saison sèche, dans les savanes brûlées de la Guinée du Nord et de la Haute-Volta, les nids épigés de *Cubitermes* se vident à peu près complètement de leurs habitants, qui se réfugient, soit dans le socle souterrain et alvéolaire du nid, soit plus encore en profondeur.

Le deuxième procédé, de beaucoup le plus original, n'a pas été signalé jusqu'ici; il est cependant d'une pratique certaine. En voici des exemples.

Les *Psammotermes* du Sahara, bien que localisés à la steppe et au désert (erg, reg, etc.), n'en ont pas moins besoin d'eau. Ils se trouvent habituellement dans des zones où la terre conserve une certaine humidité en profondeur. Toutefois, nous les avons pris dans la petite oasis de Tit (Tidikelt), dans des dunes faites d'un sable impalpable et parfaitement sec. Ils y bâtissent, au ras du sol ou en profondeur, des constructions, dont la taille varie de celle du poing à celle d'un baril, creusées de chambres plates, à plancher horizontal. Le matériau utilisé est le sable aggloméré par de la salive; bien souvent, les *Psammotermes* l'additionnent d'argile qu'ils prennent en profondeur. Ces constructions, quoique incluses en plein sable sec et meuble, sont toujours humides quand elles sont habitées. Les plus peuplées sont même très humides, voire

mouillées et leur couleur tranche alors vivement sur le sol environnant. Sous les constructions, le sol est aussi très humide, et étant donné la puissance de l'évaporation dans la région de Tit, l'apport d'eau doit y être quasi constant. Remarquons que la zone de sable humide au-dessous des constructions n'a pas une grande épaisseur. En aucune manière, il n'y a continuité entre les zones humides de la surface et le sable mouillé qui se trouve au voisinage de la nappe aquifère; à $1^m,50$ de profondeur, la fouille rencontrait un sable parfaitement sec.

Après un examen très attentif des lieux, nous avons acquis la certitude que le Termite imbibe de lui-même son habitation et y entretient de la sorte une humidité convenable. Ne pouvant affirmer que le liquide rejeté est exclusivement de la salive, nous n'éliminons pas la possibilité de la régurgitation d'eau emmagasinée dans le jabot.

Quel que soit le liquide utilisé, il faut que le *Psammotermes* recherche l'eau; *or il ne peut la trouver qu'au niveau même de la nappe aquifère*, à plusieurs mètres au-dessous des dunes. Remarquons, en outre, que les aliments dont disposent les *Psammotermes* ne contiennent pratiquement pas d'eau libre.

Les Termites belliqueux (*Bellicositermes bellicosus*) de la région de Fort-Lamy fournissent un deuxième et indiscutable exemple d'imbibition du nid. A la fin de la saison sèche (mai), les nids épigés ont des régions tellement desséchées, que la population les abandonne et que les meules à champignons y manquent; le sol argileux avoisinant la termitière est entièrement sec. Les zones du nid habitées, surtout les abords de la cellule royale, sont au contraire très humides, les parois et les lamelles argileuses sont ramollies par l'eau, au point d'être malléables entre les doigts. Terre et argile sont fortement humectées par les Termites, qui crachent leur salive où régurgitent le contenu aqueux de leur jabot [1].

Dans la région de Bongor (Tchad), en fin de saison sèche, nous avons vu les ouvriers de *Cyclotermes magdalenæ* (n. sp.) agrandissant leurs termitières. Les parois de celles-ci étant très sèches, avant de bâtir sur elles ou contre elles, ils arrosaient de gouttes hyalines (salive ou eau pure?) les zones sur lesquelles ils allaient édifier. Le rejet de liquide était abondant au point de ramollir les parois. Les chemins suivis par les colonnes de travailleurs étaient aussi copieusement arrosés.

En conclusion, les Termites usent de deux procédés pour subvenir à leurs besoins en eau: 1° prise d'aliments plus ou moins aqueux; 2° absorption d'eau en nature. Placés dans un milieu dont le degré hygrométrique est inférieur à celui qui leur convient, ils obvient à cet inconvénient en imbibant d'eau la terre environnante, ou leurs propres constructions. Cette *climatisation* de la termi-

---

(1) L'un de nous (GRASSÉ, *Ann. Soc. ent. France*, 1937) a signalé que les *B. natalensis* mouillent fortement la sciure de bois qu'ils entassent dans leur habitacle.

tière, qui existe dans diverses espèces, semble manquer dans d'autres. Elle rappelle la régulation thermique pratiquée, dans leurs nids, par les Abeilles sociales, et aussi l'arrosage du couvain auquel recourent les Guêpes en période de grande sécheresse. Ajoutons que les Termites sont capables de descendre très profondément sous terre pour atteindre les zones mouillées et même la nappe phréatique (cas certain des *Psammotermes*).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse et dégradation des substances choliniques végétales.* Note de (*) M. **Gaston Ducet**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai étudié (chez Soja, Marronnier, Pois) l'évolution des substances choliniques. La *choline hydrosoluble combinée* montre un rapport choline/phosphore et une vitesse d'hydrolyse qui permettent de l'identifier à la glycérophosphorylcholine, signalée par E. Kahane et J. Lévy chez les animaux, et isolée par G. Schmidt ([1]) de l'autolysat de pancréas. Nous l'avons rencontrée dans tous les végétaux étudiés. La *choline non hydrosoluble* doit être identifiée à la choline des lécithines, car elle est totalement extractible par les solvants des graisses et la sphingomyéline n'a pas été, jusqu'ici, isolée des végétaux supérieurs.

Les graines sont relativement riches en choline hydrosoluble, tandis que les racines, tiges, feuilles, bourgeons, renferment surtout de la choline lécithinique. Ainsi les bourgeons de Marronnier renferment $7^{mg},20$ de choline hydrosoluble et 32^{mg} de choline lécithinique pour 100^{g} de matière fraîche, tandis que les feuilles âgées contiennent seulement $1^{mg},80$ de choline hydrosoluble et 24^{mg} de choline lécithinique. 10 jeunes plantes de Soja à la 2e feuille contiennent $1^{mg},80$ de choline hydrosoluble et $5^{mg},75$ de choline lipidique, tandis que 10 plantes à la 10e feuille ont $6^{mg},5$ de choline hydrosoluble et 131^{mg} de choline lécithinique. 100^{g} de graines de Soja contiennent 150^{mg} de choline hydrosoluble et 100^{mg} de choline lipidique; 100^{g} de graines de Pois renferment $41^{mg},5$ de choline hydrosoluble et 72^{mg} de choline lécithinique.

Les végétaux contiennent donc plus de choline lécithinique que de choline hydrosoluble. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Klein et Linser ([2]), qui, chez des végétaux analogues, trouvent de fortes quantités de *choline libre* et peu de choline lécithinique. La méthode employée par ces auteurs est peu spécifique, mais ceci n'explique pas ces divergences. Pour trouver une explication, il faut rappeler que Chibnall et Channon ([3]) isolèrent, des feuilles de Chou, des phospholipides dépourvus d'azote, les acides phos-

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) G. Schmidt, B. Hershman et S. J. Thanhauser, *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 523-531.

([2]) *Biochem., Ztschr.*, **250**, 1932, p. 220-253; **260**, 1933, p. 215-225.

([3]) *Biochem., J.*, **21**, p. 233.

phatidiques. Ces corps furent signalés dans de nombreuses plantes et considérés comme caractéristiques du règne végétal. Cependant, Hanahan et Chaikoff (4) ont montré que l'extraction, de végétaux préalablement tués à la vapeur d'eau, donne des phosphatides azotés et seulement des traces d'acides phosphatidiques. Ils ont alors mis en évidence dans la Carotte, puis dans le Chou, des diastases qui dégradent les lécithines avec libération de choline et d'acides phosphatidiques. Ces derniers corps seraient donc des produits de dégradation.

Nous avons retrouvé des phénomènes analogues : tous les végétaux (Soja, Pois, Pomme de terre, Blé, Marronnier, Érable) renferment des lécithinases qui libèrent non seulement de la choline, mais de la choline hydrosoluble combinée. La simple dessiccation à l'air déclenche le phénomène qu'il est facile de suivre en dosant la choline hydrosoluble. Ainsi la teneur en choline hydrosoluble pour 100g de feuilles de Marronnier passe de 4 à 25mg,7 par simple dessiccation de 48 heures à la température ordinaire. La teneur en choline de jeunes plants de Soja (2e feuille) desséchés 24 heures passe de 4,5 à 24mg,9 de choline hydrosoluble, tandis qu'il n'y a plus que des traces des 19mg,6 de choline lécithinique initiale. La présence de lécithinases, qui semble générale chez les végétaux, explique donc les divergences entre nos résultats et ceux de Klein et Linser.

La *synthèse de la choline* paraît se produire exclusivement dans les organes en voie de croissance rapide. Nous l'avons vérifié en expérimentant sur deux séries de 20 plantes jeunes semblables en pleine terre, au moment de la formation de la troisième feuille du Soja. Un lot n° 1 a été effeuillé, en ne conservant que le bourgeon terminal, et les première et deuxième feuilles ont été analysées. Sur le lot n° 2 les bourgeons seuls on été prélevés et analysés. Après 8 jours de croissance, les bourgeons du lot n° 1 et les première et deuxième feuilles du lot n° 2 ont été analysés. (Tableau I).

TABLEAU I.

	Bourgeons.			1re et 2e feuilles.		
	Poids frais. (g).	Matière sèche. (g).	Choline totale (mg).	Poids frais (g).	Matière sèche (g).	Choline totale (mg).
26 juin......	2,220	0,650	1,70	46,400	11,100	15,20
3 juillet....	8,100	1,600	3,05	74,800	16,500	15,60

La teneur en choline des bourgeons augmente ainsi de 1,70 à 3mg,05, tandis qu'elle est restée stationnaire (15,20 et 15,60) dans les feuilles. Nous avons vérifié que la synthèse s'était faite sous forme de lécithine, le taux de choline hydrosoluble n'ayant pas varié.

Dans d'autres essais, la dégradation des lécithines a été provoquée par un

(4) *J. Biol. Chem.*, 172, 1948, p. 191; 168, 1947, p. 233; 169, 1947, p. 699.

léger fanage de 4 à 8 heures à la température ordinaire, puis les plantes ont été placées dans l'eau et analysées 24 à 48 heures après reprise de la turgescence. L'expérience réussit seulement avec des plantes jeunes (stade feuille cotylédonaire et première feuille, Soja, variété Rouest 71) (tableau II).

TABLEAU II.

Stade.	Opération.	Choline (en mg pour 10 plantes). h. t.	h. c.	libre.	lip.
1re feuille.....	4h de dessiccation	2,53	0,98	1,62	2,0
	48 reprise dans l'eau	1,66	0,71	0,89	2,78
2e »	6h de fanage	2,28	0,38	1,84	4,82
	48 reprise dans l'eau	1,80	0,12	1,66	5,76

Ces deux derniers essais montrent que la choline libre et la choline hydrosoluble combinées disparaissent partiellement quand la plante, reprenant sa turgescence, peut continuer à se développer. De même, dans l'étude du développement des bourgeons de Marronnier, la formation des feuilles correspond à une disparition des formes hydrosolubles de la choline. Le rapport choline. hydr. comb./choline hydr. tot. passe de 0,5 dans le bourgeon à 0,2 dans la feuille jeune. Nous pensons donc que la glycérophosphorylcholine est un terme intermédiaire de la synthèse des lécithines à partir de la choline libre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Couplage oxydo-réducteur des deux réactions : fumarate → oxaloacétate et hydroxylamine → ammoniac. Synthèse d'acide aspartique à partir de fumarate et d'hydroxylamine par* Clostridium saccharobutyricum GR_4. Note (*) de M. **Georges N. Cohen** et Mme **Germaine Cohen-Bazire**, présentée par M. Maurice Javillier.

Virtanen (1) considère l'hydroxylamine comme le produit primaire de la fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries des nodosités des légumineuses. Burris et Wilson (2) pensent que c'est l'ammoniac qui se forme primitivement et considèrent que les preuves de Virtanen sont insuffisantes. Nowak et Wilson (3) insistent sur la toxicité de l'hydroxylamine. Virtanen et Laine (4) pensent que l'hydroxylamine se fixe sur l'acide oxaloacétique et que

(*) Séance du 18 octobre 1948.

(1) *Biological Reviews*, 22, 1947 p. 239.

(2) *Ann. Rev. Biochem.*, 14, 1945, p. 685; *J. Bact.*, 52, 1946, p. 505; *Bact. Rev.*, 11, 1947, p. 41.

(3) *J. Bact.*, 55, 1948, p. 517.

(4) *Bioch. Journ.*, 33, 1939, p. 412.

l'acide oximinosuccinique résultant est ensuite réduit en acide aspartique. D'autre part, Mc Coy et al. (5) ont montré que *Cl. acetobutylicum* fixe l'azote atmosphérique; sans préciser ni suggérer un mécanisme pour cette fixation. Il nous a dès lors paru intéressant de rechercher si les bactéries butyriques peuvent effectuer la synthèse de l'acide aspartique à partir d'hydroxylamine et de diacides en C_4.

Le tableau ci-dessous résume quelques-unes de nos expériences : Suspensions lavées de *Cl. saccharobutyricum* GR_4 obtenues à partir de cultures de 18 heures. Tubes scellés sous vide contenant dans un volume total de 20^{cm^3} : sels de diacides : 4000 micromoles; NH_2OH, HCl neutralisé : 4000 micromoles; quantité de suspension correspondant à 8^{mg} d'azote bactérien au total. Durée de l'incubation : 24 heures. T° = 37° C.; pH = 7. Les valeurs correspondant à l'ammoniac ont été défalquées.

Expériences.	Ammoniac (micromoles).
1. Fumarate	0
Hydroxylamine	0
Fumarate + Hydroxylamine	1850
2. Fumarate	0
Oxaloacétate	0
Hydroxylamine	0
Fumarate + hydroxylamine	1800
Oxaloacétate + hydroxylamine	960
3. Fumarate	0
Oxaloacétate	0
Malate	0
Fumarate + hydroxylamine	1600
Oxaloacétate + hydroxylamine	1040
Malate + hydroxylamine	0

Comme on le voit, l'hydroxylamine est transformée en ammoniac en présence de fumarate ou d'oxaloacétate. Le malate est inactif. Nous avons donné par ailleurs (6) des preuves qui montrent que la souche utilisée ne fermente pas le (fumarate via le malate) mais qu'il y a une transformation directe fumarate → oxaloacétate. D'autre part, nous avons également montré que cette même souche désamine parfaitement l'acide aspartique (7). Il suffisait donc de démontrer l'existence de ce dernier, même à l'état de traces, pour expliquer la transformation hydroxylamine → ammoniac par l'intermédiaire de l'oxime oxaloacétique et de l'acide aspartique. Nous avons détecté cet acide aminé et lui seul par chromatographie sur papier filtre avec le phénol comme solvant, selon Consden, Gordon et Martin (8), sans concentration préalable des mélanges réactionnels :

---

(5) *Journ. inf. Dis.*, 39, 1926, p. 457.

(6) G. N. Cohen et G. Cohen-Bazire, (sous presse).

(7) G. N. Cohen, M. Raynaud, G. Cohen-Bazire et B. Nisman, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 644.

(8) *Bioch. Journ.*, 38, 1944, p. 244.

	Rf		Rf
Fumarate + hydroxylamine	0,11		
Oxaloacétate + hydroxylamine	0,10	Oxaloacétate	–
Malate + hydroxylamine	–	Malate	–
Témoin aspartate	0,12	Suspension seule	–
Fumarate			

La suite de réactions suivante peut expliquer ces phénomènes dans le cas de la réaction fumarate-hydroxylamine

(a) $HOOC-CH=CH-COOH + H_2O \rightarrow HOOC-CO-CH_2-COOH + H_2,$

(b) $HOOC-CO-CH_2-COOH + NH_2OH$
$\rightarrow HOOC-C(=NOH)-CH_2-COOH + H_2O,$

(c) $HOOC-C(=NOH)-CH_2-COOH + 4H$
$\rightarrow HOOC-CH(-NH_2)-CH_2-COOH + H_2O,$

(d) $HOOC-CH(-NH_2)-CH_2-COOH + H_2O$
$\rightarrow HOOC-CO-CH_2-COOH + NH_3 + H_2.$

La somme de ces réactions se ramène à

$$(e) \left\{ \begin{array}{l} HOOC-CH=CH-COOH + H_2O \rightarrow HOOC-CO-CH_2-COOH + H_2, \\ NH_2OH + H_2 \rightarrow NH_3 + H_2O. \end{array} \right.$$

Dans le cas de la réaction oxaloacétate-hydroxylamine, une source d'hydrogène supplémentaire est nécessaire à la réduction de l'oxime oxaloacétique. Elle peut être trouvée dans la réaction

$$CH_3-CO-COOH + H_2O \rightarrow CH_3-COOH + CO_2 + H_2,$$

(le pyruvate provenant de la décarboxylation de l'oxaloacétate). Cette réaction fournit moins d'ammoniac que la réaction fumarate-hydroxylamine.

Nos résultats semblent différer de ceux de Jacobsohn et Soares ([9]) qui observaient avec les suspensions de *E. coli* une fixation directe de l'hydroxylamine sur la double liaison du fumarate avec synthèse d'acide hydroxyaspartique. Woods ([10]) avait montré que l'hydroxylamine était un intermédiaire possible de la réduction des nitrates en ammoniac par l'hydrogène moléculaire sous l'influence des suspensions de *Welchia perfringens*. La réduction : hydroxylamine → ammoniac réalisée par *Cl. saccharobutyricum* concuremment avec l'oxydation : fumarate → oxaloacétate indique que les conceptions de Virtanen et celles de Burris et Wilson ne sont pas obligatoirement incompatibles.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

L. B.

([9]) *Enzymologia*, 1, 1936, p. 183.
([10]) *Bioch. Journ.*, 32, 1938, p. 2000.

ERRATA.

(Séance du 10 décembre 1947.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : anneau principal : lois d'unicité, d'ordination, d'existence (forme provisoire), d'isomorphisme et de décomposition; loi de monodromie :

Page 1114, ligne 4, *au lieu de* que K/k soit galoisienne et $K/\overline{K}$ soit cyclique, *lire* que $K/\overline{K}$ soit cyclique.

(Séance du 16 février 1948.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : conséquences de la loi de monodromie; résumé de la théorie locale :

Page 536, ligne 36, *au lieu de* qu'on puisse trouver un polynome, *lire* que, pour tout polynome; ligne 37, *au lieu de* K et un $g(x)$, *lire* K, il existe un $g(x)$.

(Séance du 12 avril 1948.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : f-extensions; conducteurs :

Page 1233, ligne 15, *au lieu de* $-\operatorname{Log}\alpha_1(f_{\alpha_{\mathfrak{p}/\overline{k}}}, f_{\beta_{\mathfrak{p}/\overline{k}}})$, *lire* $-\operatorname{Log} d_1(f_{\alpha_{\mathfrak{p}/\overline{k}}}, f_{\beta_{\mathfrak{p}/\overline{k}}})$.

(Séance du 19 mai 1948.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie non abélienne des corps de classes pour les extensions galoisiennes des corps de nombres algébriques : forme définitive de la loi d'existence :

Page 1656, ligne 28, *au lieu de* $\mathfrak{A} \| \mathfrak{f}_{K'/k}$, *lire* $\mathfrak{f}_{K'/k} \| \mathfrak{A}$.

(Séance du 28 juin 1948.)

Note de M. *Gustave Guillaumin*, Sur la Géométrie intégrale du contour gauche :

Page 32, ligne 28 et page 110, ligne 16, *au lieu de* Eugène, *lire* Émile;
» » Note (1), *au lieu de* p. 171, *lire* p. 1564.

Note de MM. *Max Geloso* et *Jacques Faucherre*, Sur l'hydrolyse du nitrate de plomb :

Page 200, ligne 9, *au lieu de*

$$n\mathrm{A}^{z+} + p\mathrm{H}_2\mathrm{O} \rightleftharpoons \mathcal{A}_n^{y+} + \mathrm{H}^+, \quad \textit{lire} \quad n\mathrm{A}^{z+} + p\mathrm{H}_2\mathrm{O} \rightleftharpoons \mathcal{A}_n^{y+} + q\mathrm{H}^+.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 NOVEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **ERNEST PINOY**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu à Paris, le 30 octobre 1948.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un système d'équations aux différences finies.* Note de M. **PAUL MONTEL**.

1. Soit $f(x, y)$ une fonction continue des variables réelles x, y. Posons

$$\Delta_h[f]=f(x+\eta, y+\eta')-f(x, y), \qquad h=\eta+i\eta',$$

et, si $h_j=\eta_j+i\eta'_j$ $(j=1, 2, \ldots, n)$,

$$\Delta_{h_1}\Delta_{h_2}[f]=\Delta_{h_1}\big[\Delta_{h_2}[f]\big]=\Delta_{h_2}\big[\Delta_{h_1}[f]\big],$$
$$\Delta_{h_1}\Delta_{h_2}\ldots\Delta_{h_n}[f]=\Delta_{h_1}\big[\Delta_{h_2}\ldots\Delta_{h_n}[f]\big].$$

Cette opération est indépendante de l'ordre des accroissements ou périodes h_j.

THÉORÈME. — *Si la fonction f vérifie le système*

$$(1)\qquad \begin{cases} \Delta_{h_1}\Delta_{h_2}\ldots\Delta_{h_n}[f]=0,\\ \Delta_{k_1}\Delta_{k_2}\ldots\Delta_{k_n}[f]=0,\\ \Delta_{l_1}\Delta_{l_2}\ldots\Delta_{l_n}[f]=0,\end{cases}$$

dans lequel les périodes h_j, k_r, l_s $(j, r, s=1, 2, \ldots, n)$ sont indépendantes, cette fonction est un polynome dont le degré ne dépasse pas $2(n-1)$.

Ce polynome est une somme de groupes homogènes et chacun de ces groupes est un polynome vérifiant le système (1).

2. Désignons par α_j le quotient η_j/η'_j que l'on peut toujours supposer fini, par $\Phi(x)$, un polynome admettant pour zéros $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ et par $P(x)$, le polynome $f(x, 1)$; m désignant son degré.

THÉORÈME. — *Pour que le polynome homogène $f(x, y)$ vérifie l'équation*

$$\Delta_{h_1}\Delta_{h_2}\ldots\Delta_{h_n}[f]=0,$$

il faut et il suffit qu'il puisse être mis sous la forme

$$(2)\qquad f\equiv a_1(x-\alpha_1 y)^m+a_2(x-\alpha_2 y)^m+\ldots+a_n(x-\alpha_n y)^m,$$

$a_1, a_2, \ldots, a_n$ *désignant des constantes.*

Si $m=n$, on dit que les polynomes $P(x)$ et $\Phi(x)$ sont apolaires.

Si $m<n$, la représentation de f sous la forme (2) est toujours possible.

Si $m\geqq n$, il faut et il suffit que les $p+1$ polynomes

$$P_h(x)\equiv\left[\frac{\partial^p f(x,y)}{\partial x^h\,\partial y^{p-h}}\right]_{y=1},\qquad h=0,1,2,\ldots,p,\qquad m=n+p,$$

soient apolaires avec le polynome $\Phi(x)$.

Tout domaine circulaire contenant tous les α_j, zéros de $\Phi(x)$, contient au moins un zéro de chacun des polynomes $P_h(x)$.

3. Si $m\leqq n-1$, tout polynome $f(x, y)$ vérifie le système (1).

Si $n-1<m\leqq(3/2)(n-1)$, les polynomes $f(x, y)$ vérifiant le système (1) dépendent linéairement de $3(n-1)-2m$ paramètres indépendants.

Si $(3/2)(n-1)<m\leqq 2(n-1)$, pour qu'il existe un polynome f vérifiant le système (1), il faut et il suffit qu'il existe des polynomes $\varpi_1(x)$, $\varpi_2(x)$, $\varpi_3(x)$, de degré p, dépendants linéairement de $2m-3(n-1)$ paramètres indépendants, satisfaisant à l'identité

$$\varpi_1(x)\Phi_1(x)+\varpi_2(x)\Phi_2(x)+\varpi_3(x)\Phi_3(x)\equiv 0,$$

$\Phi_1(x)$, $\Phi_2(x)$, $\Phi_3(x)$ désignant les polynomes $\Phi(x)$ relatifs aux accroissements h_j, k_r, l_s.

4. Soit $f(x, y)$ une fonction analytique des variables complexes x, y; h un vecteur de composantes η_1, η_2, η_3, η_4 dans l'espace euclidien (E) à quatre dimensions; posons

$$\Delta_h[f]=f(x+\eta, y+\eta')-f(x,y),\qquad \eta=\eta_1+i\eta_2,\qquad \eta'=\eta_3+i\eta_4,$$

et conservons les notations du paragraphe 1.

THÉORÈME. — *Si la fonction analytique $f(x, y)$ vérifie le système*

$$(3)\qquad \begin{cases}\Delta_{h_1}\Delta_{h_2}\ldots\Delta_{h_n}[f]=0,\\ \Delta_{k_1}\Delta_{k_2}\ldots\Delta_{k_n}[f]=0,\\ \Delta_{l_1}\Delta_{l_2}\ldots\Delta_{l_n}[f]=0,\\ \Delta_{u_1}\Delta_{u_2}\ldots\Delta_{u_n}[f]=0,\\ \Delta_{v_1}\Delta_{v_2}\ldots\Delta_{v_n}[f]=0,\end{cases}$$

dans lequel les périodes h_j, k_r, l_s, u_t, v_w $(j, r, s, t, w=1, 2, \ldots, n)$ sont indépendantes ou semi-dépendantes d'ordre 1, $f(x, y)$ est un polynome dont le degré m ne dépasse pas $2(n-1)$.

Quand les périodes déduites de h_j, k_r, l_s, u_t, v_w sont indépendantes, les vecteurs qui les représentent, ayant leur origine commune à l'origine des coordonnées, ont leurs extrémités partout denses dans l'espace (E). Quand elles sont semi-dépendantes d'ordre *un*, ces extrémités sont partout denses sur une variété linéaire à trois dimensions.

Les conclusions du paragraphe 2 sont encore applicables, α désignant ici le quotient $\eta/\eta' = (\eta_1 + i\eta_2)/(\eta_3 + i\eta_4)$.

Si $m \leq n - 1$, tout polynome vérifie le système (3).

Si $n - 1 < m \leq (5/4)(n - 1)$, les polynomes vérifiant le système (3) dépendent linéairement de $5(n-1) - 4m$ paramètres indépendants.

Si $(5/4)(n-1) < m \leq 2(n-1)$, pour qu'il existe un polynome f, il faut et il suffit qu'il existe des polynomes $\varpi_1(x)$, $\varpi_2(x)$, ..., $\varpi_5(x)$, de degré $p = m - n$, dépendant linéairement de $4m - 5(n-1)$ paramètres indépendants, satisfaisant à l'identité

$$\varpi_1(x)\Phi_1(x) + \varpi_2(x)\Phi_2(x) + \ldots + \varpi_5(x)\Phi_5(x) \equiv 0,$$

$\Phi_1(x)$, $\Phi_2(x)$, ..., $\Phi_5(x)$ désignant les polynomes $\Phi(x)$ relatifs aux accroissements h_j, k_r, ..., v_w.

BIOLOGIE. — *Sur le phénomène des écarts.*
Note de M. **François Grandjean.**

Dans une Note antérieure [1] j'ai parlé d'un clone, désigné par le numéro 17, de *Platynothrus peltifer*, et j'ai donné des renseignements sommaires sur les écarts de ce clone. Une publication détaillée suivra. Ici je me place à un point de vue plus général et je reviens sur le phénomène des écarts. Le clone 17, en effet, nous apprend l'essentiel de ce qui nous manquait, qui était de savoir, au moins dans un cas particulier, le comportement génétique du phénomène.

Nous constatons d'abord que les écarts subsistent dans un clone. Malgré l'identité génotypique de tous les individus et de la fondatrice, il y en a beaucoup, autant même, semble-t-il, que si cette identité n'existait pas. Un génome contient donc ce qu'il faut pour que tous les organes soient construits dans l'ontogenèse (à condition, bien entendu, que les matériaux nécessaires ne manquent pas) mais non l'obligation formelle, pour certains organes, d'être construits.

Nous voyons ensuite que la fondatrice ne lègue pas ses écarts à ses descendants et que d'autres écarts, qu'elle n'avait pas, sont communs dans son clone (ce sont même les plus communs).

A la stase adulte, la fondatrice avait neuf écarts distincts dont huit se sont retrouvés dans le clone. Le neuvième écart (l'absence au génual II gauche

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 658.

du poil ν') n'a rien de particulier. Nul doute qu'on le trouverait aussi dans le clone si ce dernier était plus riche en individus.

Ce que je viens de dire de la stase adulte, on pourrait le répéter pour les stases trito- et deutonymphale (7 et 2 écarts distincts, respectivement, dont 6 et 1 se retrouvent dans le clone). Les deux écarts non retrouvés à ces stases (l'existence au tarse III droit d'un poil de plus dans l'alignement ν', ce poil étant le deuxième derrière $p\nu'$ pour la tritonymphe et le premier pour la deutonymphe) se correspondent d'ailleurs et celui de la tritonymphe est une conséquence de celui de la deutonymphe. Aux stases protonymphale et larvaire la fondatrice n'avait pas d'écart.

Les écarts de la fondatrice retrouvés dans le clone étaient dispersés sur les individus. Aucun de ceux-ci ne les avait tous, et voici comment ils se répartissaient : 3 adultes en avaient un, 9 en avaient deux, 10 trois, 5 quatre et 1 cinq; 12 tritonymphes en avaient un, 5 tritonymphes en avaient deux, 4 trois et 2 quatre; 2 deutonymphes en avaient un.

Donc les écarts de la fondatrice n'ont pas, dans le clone, une importance particulière. Rien ne les distingue des autres écarts. Il est clair que ce qui est légué, ce ne sont pas les écarts eux-mêmes, c'est une liste d'écarts possibles. Les écarts des descendants sont puisés au hasard dans cette liste. Les écarts de la fondatrice, une génération avant, furent puisés au hasard dans la même liste.

Devant ce hasard, devant la chance d'être construits, les organes de la liste ne sont pas du tout à égalité. Même dans un clone les écarts sont très sélectifs. La sélectivité est-elle explicable par la diversité des rôles que jouent, au cours de la vie somatique, les organes ? Évidemment non, et nous ne comprenons pas non plus pourquoi deux individus ayant grandi côte à côte dans la même cellule, toujours soumis aux mêmes conditions physiques, ont des écarts différents bien qu'ils aient le même génome. Nous sommes obligés de dire que le génome, le patrimoine héréditaire, contient non seulement la liste des écarts possibles, c'est-à-dire la liste des organes aléatoires, mais encore, pour chaque organe, une probabilité de réalisation de cet organe dans le soma.

La probabilité germinale ainsi conçue est une propriété de l'organe. Exprime-t-elle totalement, à la limite, la fréquence que nous constatons, ou l'exprime-t-elle seulement pour une part prépondérante ? La deuxième hypothèse, plus prudente, semble aussi plus juste. Je crois, à cause d'un défaut de correspondance d'une stase à l'autre, entre certains écarts, dans le clone 17, que les conditions extérieures exercent une influence. Par des élevages bien conduits nous pourrions être renseignés à ce sujet.

N'étant pas héréditaires, les écarts ne sont pas de petites mutations. Le clone 17 le démontre. Cela paraissait presque sûr à cause de l'asymétrie des écarts observés dans les populations sauvages, mais la preuve directe était nécessaire. De petites mutations d'un type nouveau auraient pu exister, qui eussent été asymétriques. Maintenant ce point capital est réglé.

Un deuxième point capital est que les écarts assez communs pour se répéter dans un petit clone sont des caractères normaux. Ceux que l'on n'a vus qu'une fois sont peut-être des anomalies, mais non les autres, lesquels ont fourni, dans le clone 17, les 9 dixièmes des observations d'écarts. Les écarts sont en effet toujours les mêmes, quelle que soit la provenance des individus ou des populations, pour une espèce donnée (linnéenne ou jordanienne). Gardant la même définition des écarts, c'est-à-dire appelant présence ou absence ordinaire d'un organe celle observée dans le clone 17, j'ai dressé la liste des écarts dans une population de *Platynothrus peltifer* récoltée en Alsace et dans une autre récoltée en Toscane. J'ai obtenu la même liste d'écarts communs et c'est aussi la liste des écarts communs du clone 17, originaire du Périgord. Il y a des différences, mais elles ne portent que sur les fréquences. Ainsi le poil *it'* du tarse I dépasse la fréquence 0,5 dès la tritonymphe à Strasbourg, tandis qu'il ne l'atteint pas à cette stase dans le clone 17. Le verticille tritonymphal (l) (v) des tarses, qui a très peu d'écarts dans le clone 17, en a beaucoup sur mes exemplaires toscans, etc...

Le troisième point capital est que les écarts répétés d'un organe ont un rapport direct et *évident* avec l'évolution numérique de cet organe. Une seule condition est exigée pour que l'évidence éclate. C'est la connaissance parfaite, ou du moins très bonne, de la manière dont se comporte l'organe dans tout le groupe taxinomique (supposé riche et étendu) auquel appartient l'animal que l'on étudie. Alors des courants évolutifs à sens unique, des orthogenèses, nous apparaissent par comparaison des espèces, des genres et des familles, indépendamment du phénomène des écarts, et si nous étudions ensuite les écarts, nous constatons l'accord de ces derniers avec ces courants. Voici deux exemples :

La cupule anale *ian*, la plus tardive des cupules, ne se forme généralement plus chez les Oribates. Elle manque dans la plupart des familles et chez tous les Oribates supérieurs. Il est clair, même aux yeux d'un naturaliste qui n'a aucun souci des écarts, que c'est un organe en voie de disparition par tout ou rien. Or la cupule *ian* est la seule cupule qui ait des écarts (des déficiences) dans le clone 17.

Aux tarses d'un Oribate, désignons par F l'ensemble des poils fastigiaux, tectaux, proraux, unguinaux, subunguinal, antélatéraux, primiventraux, primilatéraux, et par A l'ensemble des poils des alignements l', l'', v', v'', derrière les primilatéraux et les primiventraux. Étudions ces poils chez des espèces très nombreuses et très variées en négligeant le phénomènes des écarts.

Nous constatons que le groupe F est d'une remarquable fixité. Qu'il s'agisse d'un *Galumna*, d'un *Zetorchestes*, d'un *Damaeus*, d'un *Hermannia*, d'un *Platynothrus*, d'un *Eulohmannia*, d'un *Hypochthonius*, animaux qui diffèrent beaucoup les uns des autres, on le retrouve.

Le groupe A au contraire change énormément car il est représenté par un nombre de poils qui va de 104 (pour l'ensemble des pattes) à 0. Le cas de plus

grande richesse est celui d'*Heminothrus Targionii* dont les premiers poils A apparaissent dès la protonymphe et les premiers verticilles (l) (v) complets dès la deutonymphe, constituant à l'adulte, dans les séries l'I, l''II, v'I, v''I, des alignements longitudinaux de 4 poils. Le dénuement parfait est montré par des espèces nombreuses, comme celles des genres *Malaconothrus* et *Trhypochthoniellus*, chez qui aucun poil A n'existe, à aucune stase. Entre les deux extrêmes tous les passages se rencontrent. Avec son nombre total, à l'adulte, de 56 poils A, *Platynothrus peltifer* figure parmi les riches.

Ces faits, où il n'est tenu compte que des présences ordinaires, signifient que les poils A, considérés globalement, et non les poils F, sont en voie de variation numérique. Or, dans le clone 17, je n'ai vu que 5 écarts (tous distincts, non répétés, de sorte que ce sont peut-être des anomalies) frappant les poils F, sur 12196 observations de ces poils, tandis que les poils A ont été affectés 257 fois (33 écarts distincts dont 10 répétés plus de 10 fois chacun) sur 3474 observations de ces poils.

En résumé nous sommes certains, grâce au clone 17, que les écarts ne sont pas de petites mutations. Ce sont des variations individuelles d'un type particulier. Ils ne sont pas héréditaires, mais ils sont pris, à chaque niveau de l'ontogenèse, sur une liste germinale, héréditaire. Les organes aléatoires de cette liste sont tous ceux qui évoluent numériquement au même niveau dans le temps phylogénétique. En général ils tendent à disparaître s'ils existaient déjà, ou à devenir constants s'ils sont nouvellement formés. Les écarts sont l'expression somatique, phénotypique, à l'époque où nous vivons, de l'évolution numérique des organes. Bien qu'ils soient combinés, sur les divers individus d'un clone, de toutes les manières possibles, au hasard, les écarts sont loin d'être également probables. Chacun d'eux à une probabilité particulière contenue dans le germen, donc héréditaire, laquelle exprime vraisemblablement, pour une part prépondérante, sa probabilité effective de réalisation dans le soma.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'obtention d'un virus vaccinal atténué et débarrassé de ses souillures microbiennes par l'action simultanée et temporaire du formol et de la chaleur ménagée.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Jean-Pierre Thiéry**.

Dans une communication antérieure ([1]), faisant suite à des recherches jadis entreprises ([2]), puis reprises récemment, nous avons montré qu'il est possible d'atténuer la virulence du virus vaccinal (virus de Jenner) et de le débarrasser

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 458.

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 925.

en même temps et en grande partie de ses souillures bactériennes, en le soumettant à l'action simultanée du formol et de la chaleur ménagée.

Poursuivant nos recherches, nous avons effectué de nouvelles expériences dans des conditions quelque peu différentes des précédentes. Tout d'abord, au lieu de passer la suspension de pulpe vaccinale simplement à travers une toile à mailles fines, nous l'avons centrifugée dans le but d'éliminer, aussi complètement que possible, les particules tissulaires pouvant protéger les éléments de virus contre les effets du formol et pouvant fixer également celui-ci au détriment de son action sur le virus ([3]). Enfin, la centrifugation pourrait permettre, supposions-nous, d'écarter une certaine proportion des germes microbiens qui souillent la pulpe et qui sont capables, eux aussi, d'accaparer partiellement l'aldéhyde formique. Ajoutons que la centrifugation doit être effectuée à une vitesse relativement modérée et pendant un temps limité afin de ne pas entraîner du virus dans le sédiment.

Technique. — Conformément à ces nouvelles dispositions expérimentales, de la pulpe vaccinale fraîchement recueillie est mise à macérer dans l'eau physiologique, à raison de 15^{g} de pulpe pour 30$^{cm^3}$ d'eau physiologique. Cette macération est ensuite centrifugée pendant vingt minutes à la vitesse de 3000 tours. Le liquide recueilli est, après prélèvement d'un échantillon qui servira de témoin, additionné de formol dans la proportion de 0,03 de la solution commerciale d'aldéhyde formique pour 100 de liquide. Le liquide vaccinal formolé est réparti en différents lots, chacun d'eux étant soumis ensuite à l'action d'une température variable, soit 15°, soit 22°, pendant un temps, également variable, depuis 16 heures jusqu'à plusieurs jours.

Le liquide vaccinal formolé de chaque lot qui a ainsi subi, dans des conditions diverses, l'action de la température, est alors additionné d'un mélange composé de 70 % de glycérine et de 30 % de solution phosphatée (pH 8), à raison d'une partie de liquide pour quatre parties de mélange, cela afin, comme nous l'avons indiqué dans notre communication précédente, de diminuer dans de notables proportions la concentration du formol et de l'empêcher de continuer à agir sur le virus de la vaccine. Chacun des lots est divisé en deux portions, l'une est gardée à la température ordinaire qui est au voisinage de 15°, l'autre est mise à la chambre froide (+ 4°). Les lots témoins, non formolé et formolé, sont, de même, additionnés de solution glycérinée tampon et placés d'emblée à la chambre froide.

([3]) A ce propos, nous pensons qu'il y aurait intérêt dans ce genre d'expériences (et c'est ce que nous nous proposons de faire dès à présent) à soumettre la pulpe vaccinale à des congélations et à des décongélations successives, afin de faire éclater les cellules et de libérer ainsi au maximum les éléments de virus qu'elles sont susceptibles de recéler. Le même procédé pourrait d'ailleurs être employé dans la préparation d'autres vaccins, par exemple, celui de la fièvre aphteuse.

Dans cette expérience, après un délai de quatre jours, on a procédé à l'évaluation de la virulence, chez le Lapin, selon le procédé habituel, et après un délai de huit jours on pratique la numération microbienne à l'aide de la technique usuelle, par ensemencement sur plaque de gélose en boîtes de Pétri.

Nous ne ferons connaître ici que les résultats concernant les lots suivants :

B, liquide vaccinal témoin non formolé conservé à la chambre froide.

C, liquide vaccinal témoin formolé conservé à la chambre froide.

N° 1, liquide vaccinal formolé exposé 24 heures à 15° puis, après addition du mélange glycériné, mis en chambre froide.

N° 2, liquide vaccinal formolé exposé 24 heures à 15° puis, après addition du mélange glycériné, laissé à la température ordinaire (15°).

N° 7, liquide vaccinal formolé exposé 16 heures à 22° puis, après addition du mélange glycériné, mis en chambre froide.

N° 8, liquide vaccinal formolé exposé 16 heures à 22° puis, après addition du mélange glycériné, laissé à la température ordinaire.

Les résultats sont exposés dans un tableau.

	Nombre de pustules chez le Lapin.	Nombre de germes ramené au centimètre cube de liquide vaccinal.
B dilué au 1/100	Éruption confluente	20 000
C dilué au 1/100	10	2 000
N° 1 pur	12	< 100 (*)
2 »	8	≦ 100 (**)
7 »	1	< 100
8 »	0	< 100

(*) Les dilutions au 1/100 et au 1/10 n'ont donné aucune colonie microbienne.

(**) La dilution au 1/100 a donné une colonie, celle au 1/10 deux colonies.

Si l'on compare ces résultats à ceux enregistrés dans notre récente Note, on constate que la centrifugation préalable semble avoir eu l'effet escompté, puisqu'en éliminant les particules tissulaires et en diminuant, dans une certaine mesure, les germes adventices, elle a permis au formol d'agir sur le virus à dose moindre (0,03 au lieu de 0,05 %) et à une température moins élevée (15° seulement pour les lots 1 et 2).

D'autre part, les résultats ainsi acquis confirment qu'il est possible, grâce à l'action simultanée et momentanée du formol et de la température ménagée, d'obtenir une *vaccine* atténuée dans sa virulence et pratiquement stérile.

Il reste à étudier la conservation, dans différentes conditions de température et dans le temps, des propriétés de ce *vaccin antivariolique formolé* et à procéder à des essais de vaccination pour en vérifier l'innocuité et l'efficacité, cela comparativement au vaccin tel qu'il est préparé et utilisé jusqu'à maintenant.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le point euclidien et le point dimensionnel.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

1. Qu'il me soit permis de rappeler, en y ajoutant de nouvelles précisions, les définitions des opérations *sui generis* du *passage à la limite* et du *retour de la limite*, que nous désignons respectivement par les symboles L et L^{-1}

$$L(a)=0,\quad L(\infty)=b,\quad L^{-1}(0)=a,\quad L^{-1}(b)=\infty,$$
$$L(a)=aL(1),\quad L^{-1}(b)=bL^{-1}(1).$$

a est un nombre fini ou zéro; b, tout nombre différent de zéro; ∞, par définition, un nombre supérieur à tous les nombres finis. Nous utiliserons, dans certains cas, les abréviations $L(1)=L$, $L^{-1}(1)=L^{-1}$, $L^{-1}L=LL^{-1}=1$, qui mettent en évidence que les symboles L, L^{-1} sont soumis aux mêmes lois que les nombres p et $p^{-1}=1:p$, où p n'est ni zéro, ni l'infini, mais à condition de ne jamais perdre de vue leur signification en tant qu'opérateurs. En raison de ces définitions, il vient :

$$L^{\pm}(a+b)=L^{\pm}(a)+L^{\pm}(b),\quad L[L(a)]=L^2(a)=0,\quad L^n(a)=0,\quad L^{-m}(b)=\infty,$$
$$L^n(a)L^{-m}(b)=L^{n-m}(ab),\quad [L(a)]^n=L^n(a^n)=0,\quad [L^{-1}(b)]^m=L^{-m}(b^m)=\infty,\ \ldots.$$

2. Si l'on tient à rattacher les opérations L, L^{-1} à une *image*, on peut interpréter $L(a)$, c'est-à-dire la réduction effective de la grandeur finie a à zéro, comme une *contraction* totale et définitive d'une portion a d'un espace à une, deux ou, en général, à n dimensions, $L^{-1}(a)$, comme une *expansion* totale et définitive de ce *volume* a et $L^{-1}(0)$, $L(\infty)$, comme ces variations de volume effectuées en sens inverse.

3. Les définitions précitées font voir que les nombres 0 et ∞ peuvent avoir, de même que les nombres finis non nuls, des origines différentes, c'est-à-dire être soumis à des règles opératoires qui les distinguent les uns des autres; ces règles sont déterminées par les secondes parties de leur *équation d'origine*. Comme nous l'avons démontré [1], dans toute équation d'origine la copule *égale* et la copule *est* sont équivalentes et, pour éviter des malentendus, nous conviendrons de faire figurer la copule *est* explicitement. Par exemple, les nombres $x=\infty=L^{-1}(a)$ et $y=\infty=L^{-1}(b)$ ont la même valeur numérique ∞, mais les origines de cet infini, déterminées respectivement par les équations d'origine ∞ *est* $L^{-1}(a)$ et ∞ *est* $L^{-1}(b)$ ne sont pas identiques si $a\neq b$ et, dans ce cas, il faut s'abstenir d'en tirer la conclusion contradictoire $L^{-1}(a)$ *est* $L^{-1}(b)$, équivalente à $a=b$. On peut démontrer que la non-observation de cette règle fondamentale se trouve être à la base de certains *paradoxes de l'infini*.

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 552-554.

4. La théorie des ensembles conduit à l'affirmation que *tout ensemble infini possède la propriété de correspondre parfaitement à quelqu'une de ses parties*, propriété incompatible avec l'axiome *le tout est plus grand que la partie*. Si au lieu de *légitimer* cette contradiction, on voit dans l'obligation de l'admettre une preuve qu'elle résulte d'un paralogisme, on cherchera à découvrir l'inexactitude du raisonnement. C'est ce que j'essayerai de faire en analysant le raisonnement de B. Bolzano qu'on considère ([2]) avoir été le premier à démontrer en 1851 que les ensembles infinis possèdent la propriété susdite.

5. Euclide a défini les surfaces, les lignes et les points comme extrémités respectives de volumes, surfaces et lignes. On ne saurait donc admettre, en raison du principe de l'homogénéité des formules, que les volumes sont des ensembles infinis de surfaces, les surfaces des ensembles infinis de lignes et les lignes des ensembles infinis de points. Il en résulte que les *points euclidiens* sont non dimensionnels, ne possèdent donc aucune propriété métrique, n'appartiennent jamais à l'ensemble des parties d'un tout qu'ils ont servi à diviser. Un point d'intersection de deux lignes, pouvant être considéré comme extrémité de chacune des quatre lignes issues de ce point, est euclidien.

Soit un segment rectiligne de longueur a sectionné virtuellement en $n+1$ parties par n points euclidiens équidistants. En nommant ε la distance entre deux points consécutifs, on peut écrire, en raison de l'axiome *le tout est toujours égal à la somme des parties dans lesquelles il a été divisé*, $a=(n+\alpha)\varepsilon=N\varepsilon$, où $0\leqq\alpha\leqq 1$. Le nombre pur N et la longueur ε peuvent augmenter ou diminuer d'une façon continue, tandis que leur produit reste constant. Admettons que N devient un infini d'origine $L^{-1}(b)$, $N=\infty=L^{-1}(b)$. On doit avoir dans ce cas $L^{-1}(b).L(a/b)=a$ et, par conséquent $\varepsilon=0=L(a/b)$. Nous nommerons le point qu'on obtient en réduisant à zéro une grandeur variable dont la dimension (ligne, temps, etc.) est précisée ou reste indéfinie *point dimensionnel*. Les différentielles de l'analyse peuvent être interprétées comme points dimensionnels.

6. Considérons deux segments rectilignes parallèles, dont le rapport des longueurs est, par exemple, 12:5, sectionnés par un ensemble de droites issues d'un même point et qui établissent une correspondance univoque et réciproque entre tous les points euclidiens des deux segments. Bolzano exprime cette correspondance analytiquement en posant $12x=5y$, où les ensembles (x) et (y) sont déterminés par les inégalités $0\leqq y\leqq 12$, $0\leqq x\leqq 5$, et Bolzano considère avoir démontré ainsi la parfaite correspondance de tout l'ensemble infini à l'une de ses parties.

En tenant compte des développements de la section 5, on a

$$N_1\,dx=\infty\,0=L^{-1}(a)L\frac{5}{a}=5,\qquad N_2\,dy=\infty\,0=L^{-1}(b)L\frac{12}{b}=12.$$

([2]) *Encyclop. des Sc. Math.*, I, 1, Paris, 1904, p. 185.

Si l'on admet que les nombres de points dans les deux segments sont des infinis de même origine, $a = b$, on aura identiquement $N_1 = N_2$ et, par conséquent, $dx:5 = dy:12$, la longueur virtuelle des points dimensionnels est proportionnelle à la longueur des segments. Si l'on admet que ce sont les longueurs virtuelles des points qui sont égales, $5:a = 12:b$, on aura identiquement $dx = dy$ et, par conséquent, $N_1:5 = N_2:12$, le nombre infini des points dimensionnels *par unité de longueur* est le même dans les deux segments. Enfin si, ayant établi que $a = b$, on admet en plus que $5:a = 12:b$, comme Bolzano l'a fait *en attribuant implicitement aux points dimensionnels d'inégale origine la signification de points uniformes euclidiens*, il vient $12 = 5$, un tout est égal à sa partie. C'est un sophisme *fallacia figuræ dictionis*. C. Q. F. D.

DÉSIGNATIONS.

M. **Gabriel Bertrand** est délégué aux cérémonies qui auront lieu à Monaco, le 13 novembre 1948, à l'occasion du Centième anniversaire de la naissance de S. A. S. le Prince **Albert Ier**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Garnier. *Balistique d'un projectile gyroscopé* (présenté par M. Villat).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'une proposition de Hardy et Littlewood et de théorèmes ergodiques qui s'y rattachent.* Note (*) de M. **H. Ernest Rauch**, présentée par M. Paul Montel.

1. Le théorème suivant généralise une proposition bien connue de Hardy et Littlewood (1) :

Théorème I. — Soit $f(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ une fonction de n variables complexes, analytique dans la boule unité $|z_1|^2 + \ldots + |z_n|^2 < 1$; écrivons $f(z_1, \ldots, z_n) = f(r, P)$, où $0 \leq r = |z_1|^2 + \ldots + |z_n|^2 < 1$ et P est un point de la sphère unité S : $|z_1|^2 + \ldots + |z_n|^2 = 1$. *Supposons que pour un* $\lambda > 0$ *on ait*

$$\int_S |f(r, P)|^\lambda \, dV \leq C^\lambda,$$

(*) Séance du 27 octobre 1948.
(1) *Acta Mathematica*, 54, 1938, p. 81-116.

où dV désigne l'élément de volume ordinaire à $2n-1$ dimensions sur S et C une constante.

Alors, pour le même λ, on a

$$\int_S \left(\sup_{0\leq r<1} |f(r, P)|\right)^\lambda dV \leq \alpha C^\lambda,$$

α étant indépendant de $f(r, P)$.

A l'aide d'un lemme de la théorie des fonctions de variables réelles, on peut déduire du théorème I la généralisation suivante d'un théorème classique de F. et M. Riesz :

Théorème II. — *Reprenons les hypothèses du théorème* I, *sauf que nous supposons* $\lambda \geq 1$.

Alors il existe une fonction $f(P)$ de classe L^λ sur S telle que

$$\lim_{r\to 1}\int_S |f(r, P) - f(P)|^\lambda dV = 0.$$

Ainsi que dans le cas d'une variable, on peut ramener la démonstration du théorème I à celle d'une inégalité du type suivant :

Soient $f(P)$ de classe L sur S et σ l'ensemble des points Q de S pour lesquels

$$\sup_{0\leq\rho<\pi} \frac{1}{V(\rho)}\int_{S(\rho)} |f(P)|\, dV > \alpha,$$

où $S(\rho)$ désigne la calotte géodésique de rayon ρ menée sur S autour de Q et $V(\rho)$ son volume.

Alors, si $m(\sigma)$ est la mesure extérieure ordinaire de σ,

$$m(\sigma) \leq \frac{3^{2n-1}}{\alpha}\int_S |f(P)|\, dV. \tag{1}$$

M. S. Bochner, qui m'a fourni le sujet de ce travail, a démontré l'analogue du théorème I pour des fonctions analytiques dans le polycylindre $|z_1|<1$, $|z_2|<1$, ..., $|z_n|<1$ par un procédé complètement différent ([2]). Remarquons ici que notre méthode permet de retrouver ses résultats sous une forme légèrement moins précise.

2. M. N. Wiener ([3]) a établi une inégalité semblable à (1) pour des fonctions dans l'espace euclidien dans le but de prouver un théorème ergodique pour groupes abéliens. Sa démonstration est simple, directe et se base sur un théorème de la mesure des ensembles de points de l'espace euclidien. Notre idée essentielle a été de formuler et démontrer un théorème analogue pour des espaces plus généraux.

([2]) *Ann. of Math.*, 45, 1944, p. 708-722.

([3]) *Duke Mathematical Journal*, 5, 1939, p. 1-18.

Considérons un espace métrique localement compact et soit m la mesure extérieure associée à sa métrique M, que nous supposons jouir de la

Propriété A. — Si σ est une boule de rayon x et γ l'ensemble de points formé par σ et par les boules de rayons $\leq x$ ayant avec σ des points intérieurs communs, on a toujours $m(\gamma) \leq C m(\sigma)$, C étant une constante ne dépendant que de la métrique M.

Nous pouvons maintenant énoncer le

THÉORÈME A. — *Soit, dans un espace localement compact dont la métrique* M *a la propriété* A, $m(\gamma)$ *la mesure extérieure d'un ensemble* γ *de points* P, *chacun centre d'une boule* $\sigma(P)$.

Alors on peut trouver parmi les $\sigma(P)$ *un nombre fini* n *de boules disjointes* σ_i *telles que*

$$\sum_1^n m(\sigma_i) \geq K m(\gamma),$$

K *ne dépendant que de la métrique* M.

3. L'espace euclidien R^n à n dimensions possède évidemment la propriété A, de même sa sphère-unité S_{n-1} (avec $K = 3^{1-n}$). Plus important pour nous est le fait qu'une métrique riemannienne dans une variété compacte différentiable jouit de la propriété A *localement*, c'est-à-dire pour des boules σ de rayon suffisamment petit; comme le volume de l'espace est fini, le théorème A sera encore valable, tout au moins pour des recouvrements formés de telles boules, ce qui nous suffit.

Ces faits permettent d'obtenir pour les groupes de Lie compacts et leurs espaces homogènes les théorèmes ergodiques du type de Birkhoff, que M. Wiener a démontrés pour les groupes abéliens. Les démonstrations sont analogues.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Mandelbrojt concernant l'approximation polynomiale des fonctions sur tout l'axe réel.* Note de M. **Jean Horváth**, présentée par M. Paul Montel.

Le but de la présente Note est d'indiquer une démonstration simple d'un résultat récent de M. S. Mandelbrojt ([1]) en le généralisant quelque peu.

Notations. — Soit $\{\nu_n\}$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ une suite croissante d'entiers positifs; $N(\nu) = \sum_{\nu_n < \nu} 1$, sa fonction de distribution $D(\nu) = N(\nu)/\nu$; $D^* = \overline{\lim}_{\nu \to +\infty} D(\nu)$ (densité supérieure); $D^*(\nu) = \overline{\text{borne}}_{x \geq \nu}\, D(x)$ (fonction de densité supérieure).

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1668-1670.

Hypothèses. — Soit $F(x)$ $(-\infty < x < +\infty)$ une fonction positive et paire, $\log F(x)$ étant une fonction convexe de $\log x$. Soit $\{\lambda_n\}$ $(\lambda_0 = 0;\ n = 0, 1, 2, \ldots)$ une suite croissante d'entiers non négatifs et $\{\nu_n\}$, la suite complémentaire par rapport à la suite de tous les entiers positifs. Soit $D^* < 1/2$. Supposons que

$$(1) \qquad \int^{\infty} \log F(e^{\sigma})\, e^{-\int^{\sigma} \frac{du}{1-2D^*(\beta \log F(e^u))}}\, d\sigma = \infty,$$

où β est une constante positive.

THÉORÈME I. — *Soit $f(x)$ $(-\infty < x < +\infty)$, une fonction continue et telle que $f(x) \to 0$ pour $x \to \pm\infty$. Quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un polynome*

$$(2) \qquad P_n(x) = a_0 + a_1 x^{\lambda_1} + \ldots + a_n x^{\lambda_n},$$

tel que

$$\left| f(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right| < \varepsilon \qquad (-\infty < x < +\infty).$$

Démonstration. — Soit $\Phi(x)$ une fonction à variation totale bornée dans $(-\infty, +\infty)$. Je dis que les relations

$$(3) \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^{\lambda_n}}{F(x)}\, d\Phi(x) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

entraînent $\Phi(x) \equiv \text{const}$. Considérons la fonction

$$\varphi(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-itx} \frac{d\Phi(x)}{F(x)}.$$

On aura, en vertu de (3), $\varphi^{(\lambda_n)}(0) = 0$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ et, en posant

$$M_n = \max_{x \geq 0} \frac{F(x)}{x^n}, \qquad F(x) = \max_{n \geq 1} \frac{x^n}{M_n},$$

$|\varphi^{(n)}(t)| < CM_n$. En vertu des hypothèses, on conclut un théorème de M. Mandelbrojt [2], par $\varphi(t) \equiv 0$ et $\Phi(x) = \text{const}$.

L'ensemble des fonctions continues dans $-\infty < x < +\infty$ et telles que $f(x) \to 0$ pour $x \to \pm\infty$ forme un espace de Banach (complet) $\mathcal{C}$ si l'on définit la norme en posant $\|f\| = \underset{-\infty < x < +\infty}{\text{maximum}} f(x)$. La forme la plus générale d'une opération linéaire dans $\mathcal{C}$ est

$$L(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\, d\Phi(x),$$

où $\Phi(x)$ est une fonction à variation bornée dans $-\infty < x < +\infty$. Or, si

---

[2] *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 63, 1946, théorème Q. A., p. 369, forme A. On pourrait aussi énoncer les théorèmes ci-dessus sous des formes qui correspondent aux formes B.-E. du théorème Q. A.

les combinaisons linéaires finies des termes de la suite $\{x^{\lambda_n}/F(x)\}$ n'étaient pas partout denses dans $\mathcal{C}$, il existerait ([3]) une fonction $\Phi(x)$, à variation bornée dans $(-\infty, +\infty)$, non constante, telle que (3) ait lieu. On aboutit à une contradiction, ce qui achève la démonstration.

Désignons par $L^p (1 \leq p < \infty)$ l'espace des fonctions mesurables dans $-\infty < x < +\infty$ et telles que $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)|^p dx < \infty$, par L^∞, l'espace des fonctions mesurables et bornées p. p. (presque partout) dans $-\infty < x < +\infty$.

THÉORÈME II. — *Soit $f(x) \in L^p$ $(1 \leq p < \infty)$. Quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un polynome $P_n(x)$ de la forme (2) tel que* $\int_{-\infty}^{+\infty} \left| f(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right|^p dx < \varepsilon$.

Démonstration. — Il existe une fonction continue $g(x)$, identiquement nulle pour les grandes valeurs de $|x|$, telle que $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x) - g(x)|^p dx < \eta_1$ $(\eta_1 > 0)$. Or $\sqrt{F(x)}$ satisfait aux mêmes hypothèses que $F(x)$, il existe donc, en vertu du théorème I, un polynome $P_n(x)$ tel que $\left| \sqrt{F(x)}\, g(x) - [P_n(x)/\sqrt{F(x)}] \right| < \eta_2$ pour $-\infty < x < +\infty$ $(\eta_2 > 0)$. On a donc

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left| g(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right|^p dx = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{F(x)^p}} \left| \sqrt{F(x)}\, g(x) - \frac{P_n(x)}{\sqrt{F(x)}} \right|^p dx$$
$$\leq \eta_2^p \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{\sqrt{F(x)^p}} = \text{const.}\, \eta_2^p.$$

En choisissant η_1 et η_2 suffisamment petits, on obtient le résultat énoncé ([4]).

Remarque. — L'analogue du théorème II pour L^∞ : tout $f(x) \in L^\infty$ peut être approché p. p. uniformément par des $P_n(x)/F(x)$, est faux.

THÉORÈME III ([5]). — *Soit $f(x) \in L^p (1 \leq p \leq +\infty)$. Si l'on a*

$$\int_{+\infty}^{+\infty} \frac{f(x) x^{\lambda_n}}{F(x)} dx = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

alors $f(x) = 0$ p. p.

Démonstration. — Pour $1 < p \leq +\infty$; ceci résulte du théorème II et du fait qu'une suite fermée par rapport à $L^{p'} (1 \leq p' < +\infty)$ est complète par rapport à L^p avec $(1/p) + (1/p') = 1$. Pour $p = 1$, ceci résulte de la première partie de la démonstration du théorème I si l'on y pose $\Phi'(x) = f(x)$.

([3]) Cf. F. RIESZ, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 28, 1911, p. 53, ou BANACH, *Théorie des opérations linéaires*, Warszawa, 1932, p. 57.

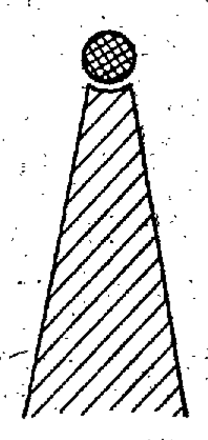
([4]) Cette démonstration est calquée sur une démonstration de W. H. J. FUCHS, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 42, 1946, p. 92.

([5]) Identique au théorème II de Mandelbrojt, *loc. cit.*, ([1]).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité de l'écoulement laminaire dans un tuyau.* Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

A la suite des travaux de Reynolds, divers expérimentateurs tels que Barnes, Coker, Ekman, Schiller ont essayé de déterminer les conditions de stabilité de l'écoulement laminaire d'un fluide dans un tuyau. Moyennant de grandes précautions, Ekman [1] réussit à maintenir le régime laminaire dans un tuyau cylindrique de diamètre D, pour un nombre de Reynolds $R = VD/\nu$ de l'ordre de 50 000 au maximum. V est la vitesse moyenne du fluide, ν sa viscosité cinématique.

On admet généralement qu'aux grandes valeurs de R un tel écoulement est instable, une perturbation unique convenable le faisant passer à l'état turbulent, de la même manière qu'est en équilibre instable une bille placée à la partie supérieure d'une pointe présentant un léger creux en son sommet (*fig.* 1).



Nous avons repris les expériences en utilisant de l'eau sous pression contenue dans un réservoir et s'écoulant dans un tube de verre cylindrique. Ce tube est muni à son entrée d'un pavillon obtenu en soufflant une bulle de verre. Le diamètre du tube varie de 1 à 4^{mm}, sa longueur de 100 à 500 diamètres. On détermine la nature du régime par l'aspect du jet d'eau à la sortie du tube.

La conclusion de cette étude est la suivante : en l'absence de perturbation, seul le régime laminaire s'installe dans un tube cylindrique rectiligne quel que soit R (du moins dans le domaine étudié qui a dépassé $R = 75\,000$) et *ce régime est stable*. Sans doute une perturbation de forme ou d'intensité convenable provoque la turbulence à l'aval, mais si la perturbation cesse, le régime redevient laminaire.

Cependant pour un tube de forme géométrique donnée, il existe un nombre de Reynolds critique au-dessus duquel le régime demeure turbulent : c'est qu'il se produit continuellement des perturbations, soit en raison d'une cause permanente, soit par un phénomène d'auto-entretien.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

(1) *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, n° 12, 6, 1911.

Ces cause permanentes de perturbations sont variées : turbulence de l'eau du réservoir, présence d'une fuite ou d'une rentrée de liquide par un trou percé dans le tube, courbure du tube, forme défectueuse du pavillon d'entrée, etc. Ainsi, par exemple l'écoulement ne reste laminaire aux grandes valeurs de R que si le pavillon d'entrée est rapidement convergent ([2]) et le tube parfaitement rectiligne, une courbure même très faible introduit rapidement la turbulence.

Quant aux phénomènes d'auto-entretien, un exemple remarquable en est fourni par un système élastique placé en un point du tuyau : manomètre, bulle d'air, etc. En effet, une perturbation quelconque, provoquée ou non, est enregistrée par un tel système, et l'entretien de la perturbation s'opère par entrées et sorties successives du liquide par le trou de communication avec le tube.

ASTRONOMIE DE POSITION. — *Nouvelle méthode de calcul des éphémérides et des corrections des éléments des étoiles doubles.* Note de M. **David Belorizky**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Soient P, T, e, a, Ω, ω, i les éléments de l'orbite réelle d'une étoile double ([1]). On calcule des éphémérides en utilisant les équations suivantes, ρ et θ étant respectivement la distance angulaire et l'angle de position apparents

$$E - e\sin E = \mu(t - T), \quad \text{avec} \quad \mu = \frac{2\pi}{P},$$

$$(\mathrm{I}) \quad \begin{cases} \operatorname{tg}\dfrac{v}{2} = \sqrt{\dfrac{1+e}{1-e}}\operatorname{tg}\dfrac{E}{2}, \\ \operatorname{tg}(\theta - \Omega) = \operatorname{tg}(v + \omega)\cos i, \\ \rho = a(1 - e\cos E)\cos(v + \omega)\operatorname{séc}(\theta - \Omega). \end{cases}$$

Les éléments e, a, Ω, ω, i sont des fonctions des éléments géométriques de l'orbite apparente. En particulier e est égal à c_1/a_1, où c_1 est la distance de l'étoile principale O au centre I de l'orbite, et a_1 le demi-diamètre passant par O : soit b_1 le demi-diamètre conjugué de a_1.

Rapportons l'orbite apparente aux axes suivants. Prenons pour Ox le demi-diamètre a_1, dirigé dans le sens du segment IO; prenons Oy sur la droite parallèle à b_1, dans le sens tel que l'angle $\widehat{xOy}$ ait le sens du mouvement : soit α la valeur de cet angle. L'équation de l'orbite et le théorème des aires nous donnent les deux équations

$$\left(\frac{x + c_1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{b_1}\right)^2 = 1, \qquad x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = \frac{2\pi a_1 b_1}{P}.$$

([2]) Comolet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2049.

([1]) Les notations sont celles, généralement admises, du *Handbuch der Astrophysik*, 6 : voir l'article de Henroteau, *Double and multiple Stars*, p. 332.

On a la représentation paramétrique de la première

$$x + c_1 = a_1 \cos u, \quad y = b_1 \sin u,$$

où u est un paramètre variable. Et la seconde équation devient

$$(1 - e \cos u)\, du = \mu\, dt;$$

par intégration on retrouve l'équation de Képler. Soit p_0 l'angle de position de l'axe Ox. On a finalement les expressions

$$u - e \sin u = \mu(t - T),$$

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} \rho \cos(\theta - p_0) = x + y \cos\alpha = a_1(\cos u - e) + b_1 \sin u \cos\alpha, \\ \rho \sin(\theta - p_0) = y \sin\alpha = b_1 \sin u \sin\alpha. \end{cases}$$

Ainsi nous avons remplacé les trois équations (I) par les deux équations (II), qui ne contiennent plus que les éléments apparents p_0, a_1, b_1, α et e. Remarquons que l'anomalie vraie v a disparu de nos formules. De cette façon, les éphémérides peuvent être calculées à partir de l'orbite apparente, sans que l'on ait besoin d'utiliser l'orbite réelle.

2. Pour la correction des éléments de l'orbite réelle, on applique l'équation aux différences

$$\Delta\theta = \Delta\Omega + B\,\Delta i + C\,\Delta\omega + \varpi\,\Delta\varphi + F\,\Delta T + G\,\Delta\mu \qquad (e = \sin\varphi),$$

avec

$$B = -\cos^2(\theta - \Omega)\,\mathrm{tg}(v + \omega)\sin i, \qquad C = \cos^2(\theta - \Omega)\sec^2(v + \omega)\cos i,$$

$$\varpi = C\frac{2 - e\cos E - e^2}{(1 - e\cos E)^2}\sin E, \qquad F = -\frac{\mu C \cos\varphi}{(1 - e\cos E)^2}, \qquad G = -\frac{F(T - t)}{\mu},$$

et l'on admet que l'élément a ne doit pas subir de correction.

Si l'on part de l'équation de Képler et des équations (II), on a la formule

$$\Delta\theta = \Delta p_0 + A_1\,\Delta a_1 + B_1\,\Delta b_1 + C_1\,\Delta\alpha + E_1\,\Delta e + M_1\,\Delta\mu + S_1\,\Delta T,$$

avec

$$A_1 = -\frac{b_1 \sin u(\cos u - e)\sin\alpha}{\rho^2}, \qquad B_1 = -\frac{a_1}{b_1}A_1, \qquad E_1 = \frac{2a_1 b_1 \sin u \sin\alpha}{\rho^2},$$

$$C_1 = \frac{b_1 \sin u[a_1(\cos u - e)\cos\alpha + b_1 \sin u]}{\rho^2},$$

$$M_1 = \frac{a_1 b_1 (T - t)\sin\alpha}{\rho^2}, \qquad S_1 = -\frac{\mu a_1 b_1 \sin\alpha}{\rho^2}.$$

3. Une fois les éléments a_1, b_1, α, $e = c_1/a_1$ de l'orbite apparente déterminés, on peut avoir le demi-grand axe a de l'orbite réelle et l'inclinaison i par les formules

$$a = \sqrt{\frac{\beta^2 + \gamma^2}{2(1 - e^2)}}, \qquad \cos i = \frac{2a_1 b_1 \sqrt{1 - e^2}\sin\alpha}{\beta^2 + \gamma^2},$$

avec

$$\beta^2 = a_1^2(1 - e^2) + b_1^2, \qquad \gamma^2 = [\beta^4 - 4a_1^2 b_1^2(1 - e^2)\sin^2\alpha]^{\frac{1}{2}}.$$

Les éléments ω et Ω ne figurent pas dans nos formules et d'ailleurs ne présentent aucun intérêt statistique ou géométrique : il est donc inutile de les déterminer.

ASTROPHYSIQUE. — *Une solution du problème de Milne par la méthode variationnelle, appliquée à un développement exponentiel de la fonction source.* Note (*) de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure ([1]) le principe d'une solution variationnelle du problème de Milne dans le cas où le coefficient d'absorption est une fonction quelconque de la fréquence. La méthode suppose qu'on développe la fonction source B suivant un système de fonctions de base donné, et qu'on détermine les coefficients par la condition de rendre minimum l'écart quadratique intégral σ entre le flux intégré F, constant par hypothèse, et le flux théorique correspondant au développement adopté.

Nous nous proposons maintenant d'éprouver l'efficacité des différents systèmes de fonctions de base en nous plaçant, pour plus de simplicité, dans le cas gris. Parmi les développements particulièrement indiqués figurent d'une part le développement de la forme

$$B=\frac{3}{4}F(Q+\tau+a_1e^{-\beta_1\tau}+a_2e^{-\beta_2\tau}+\ldots), \tag{1}$$

et d'autre part le développement de la forme

$$B=\frac{3}{4}F[Q+\tau+A_2K_2(\tau)+A_3K_3(\tau)+\ldots]. \tag{2}$$

Nous allons examiner ici l'efficacité des développements (1), réservant l'étude de (2) pour une Note ultérieure.

Utilisant les formules (1), (2) et (3) de la Note III ([2]), on détermine aisément l'expression de la quantité σ qu'il s'agit de rendre minimum et l'on constate que celle-ci dépend des intégrales suivantes, où U_n désigne le coefficient de a_n dans la formule (3) de III.

$$J_{ij}=\int_0^\infty K_iK_j\,d\tau,\qquad Z_{nm}=\int_0^\infty U_nU_m\,d\tau,\qquad R_{in}=\int_0^\infty K_iU_n\,d\tau\qquad (i,j=3\text{ et }4).$$

En appliquant les formules établies dans nos Mémoires antérieurs ([3]), on trouve les résultats rigoureux et relativement très simples pour J_{ij}, donnés par la Table I, p. 331 de ([3]). Pour Z_{nm} et R_{in} on trouve, de même, après des

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1124. Contributions de l'I. A. P., A 10.

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 491. Note désignée par III ci-dessus.

([3]) *Ann. d'Astroph.*, **10**, 1947, p. 282-299, 329-339. Errata, **11**, 1948, p. 163-164.

calculs assez pénibles, les expressions rigoureuses

$$(3)\quad Z_{nm} = h_n h_m \left[J_{22} - \frac{4}{\beta_n + \beta_m} - \frac{3}{2}(h_n + h_m) + (h_n h_m - h_n^2 - h_m^2)\log_e 4 + u_n + u_m \right] + \frac{1}{\beta_n + \beta_m}\left[h_n^4 r_n + h_m^4 r_m - \frac{1}{2}(u_n - u_m)^2 \right],$$

$$(4)\quad R_{3n} = Z_{nn} - \frac{1}{8}h_m + \frac{1}{2}h_n^2 - \frac{1}{2}(1 + p_n)h_n^3 + p_n h_n^4 - \frac{1}{2}p_n^2 h_n^5,$$

$$(5)\quad R_{4n} = -(J_{24} + R_{3n})h_n + \frac{1}{3}h_n^2 - \frac{1}{3}p_n h_n^3,$$

en désignant par ψ la fonction d'Abel-Legendre [*voir* Réf. ([3]), p. 329] dans

$$(6)\quad h_n\beta_n = 1, \quad u_n = 2h_m + p_n h_n^2, \quad p_n = \log_e(1 + \beta_n), \quad s_n = \frac{\beta_n - 1}{\beta_n + 1}, \quad r_n - \frac{\pi^2}{12} = \psi(s_n).$$

Commençons l'application numérique par le développement

$$B = \left(\frac{3}{4}\right) F(\tau + Q + a e^{-\beta\tau})$$

souvent utilisé ([4]), car il fournit une bonne précision malgré sa simplicité.

On trouve aisément que le système variationnel obtenu en annulant les dérivées partielles de σ par rapport à Q, a et β admet pour solution

$$(7)\quad B = \left(\frac{3}{4}\right) F(\tau + 0{,}711\,706 - 0{,}093\,173\, e^{-2{,}22\tau}).$$

La solution *rigoureuse* du problème de Milne, dans le cas gris, est actuellement connue, pour la fonction B, grâce aux travaux de G. Placzek et de C. Mark sur la diffusion des neutrons ([5]), qui dépend des mêmes équations. La méthode suivie par C. Mark (transformation de Laplace) ne semble pas généralisable, pour le moment, au cas non gris, mais sa solution permet d'évaluer les erreurs relatives $\Delta B/B$, en %, des solutions de la forme (7), données ci-dessous.

τ	0,00.	0,05.	0.10.	0,20.	0,30.	0,50.	1,0.	2,0.	Référ.
Chandrasekhar I	+1,54	−2,01	−2,77	−2,70	−2,12	−0,91	+0,7	+1,2	(4)
Chandrasekhar II	0,00	−3,38	−4,08	−4,02	−3,52	−2,61	−1,2	−0,6	»
Unsöld	−1,09	−1,12	−2,18	−1,35	−0,76	−0,54	−0,7	−0,6	»
Variationnelle (7)	7,12	2,65	1,26	0,28	0,05	0,06	0,2	0,1	

On constate qu'aussitôt que l'on s'écarte du voisinage immédiat de la surface, ($\tau \geq 0{,}1$), la solution variationnelle (7) fournit une précision nettement supérieure à celle des autres représentations de même forme.

([4]) A. Unsöld, *Z. f. Ap.*, 24, 1948, p. 370; G. Placzek, *N. R. C. C. Division of atomic energy. MT*, 16, 1947; S. Chandrasekhar, I, *Ap. J.*, 99, 1944, p. 180 et II100, 1944, p. 76.

([5]) G. Placzek, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 556; C. Mark, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 558.

Une autre manière d'appliquer la méthode variationnelle consiste à emprunter les valeurs des β_n à une *équation caractéristique* fournie par une autre méthode, par exemple celle de S. Chandrasekhar II ([4]), qui donne, en troisième approximation, $\beta_1 = 3{,}202.945$ et $\beta_2 = 1{,}225.211$. La méthode variationnelle fournit alors les trois constantes $Q = 0{,}711.903$, $a_1 = -0{,}074.289$ et $a_2 = -0{,}028.851$, grâce aux formules (3) à (6), par simple résolution d'un système linéaire. Les écarts entre la solution de S. Chandrasekhar et la solution exacte sont réduits de plus de moitié par ce changement des coefficients, sauf pour $\tau < 0{,}05$.

Dans une prochaine Note nous montrerons qu'on peut corriger ce défaut des solutions variationnelles pour $\tau \leq 0{,}010$ au moyen d'une itération.

PHYSIQUE. — *Moyennes discrètes d'ordonnées expérimentales, ou intégrales ? La règle de l'identification des valeurs moyennes, et la règle de l'imprécision minimum.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons décrit depuis quelques années, en diverses Notes, une méthode de formulation des lois expérimentales, consistant essentiellement à identifier la valeur moyenne des ordonnées expérimentales et de la loi théorique de forme choisie, non pas sur l'ensemble de l'intervalle expérimental, mais en autant d'intervalles partiels que la formule théorique contenait de paramètres à déterminer, cette idée devant être complétée par le choix de la partition de l'intervalle expérimental rendant maximum la précision de la détermination.

En fait, on devait prendre, dans chaque intervalle partiel, la moyenne d'ordonnées, mesurées ou théoriques, *discrètes*, mais nous avions été séduit par les avantages du remplacement des ordonnées expérimentales discrètes par une véritable *fonction expérimentale*, définie en soi par les conditions de l'expérience et l'habileté de l'expérimentateur, et dont les valeurs mesurées seraient des ordonnées isolées. On était ainsi conduit à identifier, dans chaque intervalle, la valeur moyenne de la fonction théorique, définie par une intégration, et celle de la fonction expérimentale, définie par une quadrature empirique sur laquelle nous avions donné quelques explications. Les formules intégrales pour le calcul des coefficients d'une série de Fourier étaient le premier exemple d'application effective de cette idée dans la science. Cette conception nous avait permis ([1]) une généralisation continue de la méthode des moindres carrés; elle permettait, bien mieux que des ordonnées discrètes en nombre toujours trop petit, d'adapter exactement l'étendue des intervalles partiels aux exigences de la partition conduisant à la plus haute précision; elle donnait lieu à des calculs numériques ordinairement moins lourds, et enfin elle était

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 565.

très satisfaisante pour l'esprit qui raisonnait ainsi sur une donnée *continue* comme la réalité (à notre échelle) et non sur quelques indications isolées.

Mais nous avons reconnu que, quelque incontestables que fussent ces avantages, il y avait faute lourde à opérer ainsi : quelques mesures constituent évidemment une donnée bien maigre, mais c'est tout ce que nous donne l'expérience, et il est illégitime de suppléer par un artifice à des mesures absentes; les constructions, si séduisantes soient-elles, que nous pouvons tenter à partir de ces quelques résultats, sont dénuées d'objectivité, et, malgré les apparences que nous leur donnons, elles ne contiennent rien de plus que le discontinu démuni d'où elles proviennent. La preuve de leur artifice est manifestée par l'importance extrêmement variable qu'elles donnent à des mesures *a priori* équivalentes : la première mesure ayant le coefficient 1, la suivante peut être multipliée par 3 ou 4, l'autre par 3 ou 2, ... L'intégrale diffère de la somme des ordonnées (multipliée par leur équidistance); et de quelque manière, si atténuée soit-elle, qu'on veuille marquer cette différence, ont est toujours obligé de rompre aussi gravement la symétrie des données.

La considération de l'intégrale ne serait légitime que si les mesures étaient tellement serrées que l'intégrale fut identique à une somme; mais elle n'aurait alors plus d'intérêt, comme n'apportant rien de plus qu'une simple somme d'ordonnées.

Si, en appliquant la méthode de l'identification des valeurs moyennes, on détermine la partition de l'intervalle expérimental, par la condition que les coefficients multipliant les données dans l'expression (supposée linéaire) des paramètres de la loi théorique représentative, soient aussi petits que possible, on trouve *la même* loi que si l'on s'était proposé uniquement de chercher ([2]), sans aucun groupement *a priori* pour les ordonnées expérimentales, une loi telle que l'imprécision inévitable des données eût le moins d'influence possible sur la précision de cette loi : les ordonnées se trouvent mêmement groupées, et les paramètres sont liés de la même façon à ces ordonnées.

La règle de *l'imprécision minimum* implique ainsi celle de *l'identification des valeurs moyennes*, ce qui est une justification remarquable pour l'une et pour l'autre, mais ce résultat n'est obtenu que si, dans la méthode de l'identification, on manie des sommes discrètes et non des intégrales; et c'est un argument de poids pour *écarter* la substitution d'une fonction expérimentale continue aux ordonnées discrètes seules fournies par l'expérience : des formules intégrales, comme celles qui donnent les coefficients des séries de Fourier, ne signifient qu'une équivalence mathématique, elles sont peu physiques.

([2]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 568.

OPTIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Deux théorèmes relatifs à la propagation des ondes sinusoïdales dans les milieux stratifiés quelconques.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un milieu stratifié (dont les paramètres caractéristiques sont fonctions d'une coordonnée seulement, par exemple z) peut être caractérisé, si l'on y envisage la propagation d'ondes électromagnétiques sinusoïdales, par une matrice carrée à quatre éléments dont le déterminant est égal à l'unité. En d'autres termes, si l'on envisage une onde linéairement polarisée dans le plan d'incidence ou normalement à celui-ci, et si U et V sont les projections des champs électrique et magnétique sur un plan perpendiculaire à Oz, on a entre les valeurs U_0, V_0 et U_1, V_1 de ces quantités dans les plans $z = z_0$ et $z = z_1$ une relation de la forme

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ V_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ V_1 \end{bmatrix} = [M] \begin{bmatrix} U_1 \\ V_1 \end{bmatrix},$$

a, b, c, d sont des fonctions de z, mais telles que $|[M]| = ad - bc = 1$.

L'empilement de n tels milieux identiques sera caractérisé par la matrice $[M]^n$. Celle-ci s'exprime très simplement en fonction de $[M]$ par l'intermédiaire des polynomes de Tchébychev ([1]). On a

$$[M]^n = \left([M] - \frac{x}{2}[I]\right) S_{n-1}(x) + \frac{C_n(x)}{2}, \qquad \text{où} \quad x = a + d.$$

Lorsque $x = 2\cos(k\pi/n)$ avec $k = 1, 2, \ldots, n-1$, on vérifie facilement que $[M]^n = (-1)^k [I]$. Il en résulte le théorème suivant :

Un empilement de n milieux stratifiés identiques n'a aucun effet (ou produit tout au plus un déphasage de 180° des champs) sur l'onde électromagnétique sinusoïdale qui le traverse, pourvu qu'il soit tel que $a + d = 2\cos(k\pi/n)$.

En particulier, la matrice $[M]$ peut caractériser un système de lames alternées ([2]). De telles lames se comportent comme si elles n'existaient pas, si, entre les divers paramètres qui les caractérisent, l'angle d'incidence et la fréquence de l'onde incidente, on a la relation

$$(1) \qquad \frac{\cos(\beta_1 + \beta_2) - r_1^2 \cos(\beta_1 - \beta_2)}{1 - r_1^2} = \cos\frac{k\pi}{n} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n-1).$$

Dans le cas où les lames sont absorbantes (leur pouvoir inducteur spécifique est complexe), il faudra écrire que la partie réelle du premier membre de (1) est égale à $\cos(k\pi/n)$ et que sa partie imaginaire est nulle. Si les deux équations ainsi obtenues admettent des solutions communes, on aurait des lames absorbantes qui dans certaines conditions n'absorbent pas d'énergie, résultat assez paradoxal.

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1872.
(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1808.

2. Soit un milieu stratifié absorbant, limité par deux milieux homogènes transparents dont les paramètres caractéristiques sont (dans l'ordre suivant lequel ils sont rencontrés par l'onde incidente) ε_1, μ_1 et ε_2, μ_2. Remplaçons le premier de ces deux milieux par un milieu stratifié transparent, qui sera donc limité d'un côté par un milieu homogène transparent ε_0, μ_0 et de l'autre par le milieu stratifié absorbant déjà envisagé. On démontre le théorème suivant :

Si R_0, T_0 *et* R_1, T_1 *sont les facteurs de réflexion et de transmission dans les deux cas que nous venons d'envisager, on a*

$$\frac{T_0}{1-R_0}=\frac{T_1}{1-R_1}$$

pour toutes les fréquences, polarisations et orientations possibles de l'onde incidente plane. En particulier, ceci est vrai pour des empilements de lames homogènes en lumière blanche et sous une incidence quelconque, et généralise une propriété de ces lames signalée par M. C. Dufour ([3]).

La place nous manque pour donner ici la démonstration de ce théorème. Elle est basée sur la remarque suivante : la matrice $[M]=[a_{ij}]$ d'un milieu stratifié transparent est telle que a_{ij} est imaginaire pur pour $i\neq j$ et réel pour $i=j$. Le théorème n'est plus vrai si l'on échange entre eux les milieux transparents et absorbants et, à plus forte raison, si les deux milieux stratifiés envisagés sont absorbants.

PHOTOMÉTRIE. — *Sur un nouveau modèle de microphotomètre enregistreur à lecture directe de l'intensité.* Note (*) de M. **Marius Laffineur**, présentée par M. Bernard Lyot.

La spectrophotométrie photographique nécessite une suite d'opérations longue et fastidieuse due au fait que le noircissement d'une couche sensible obéit à des lois complexes variant d'ailleurs d'un cliché à l'autre. Le dispositif suivant permet d'abréger considérablement ce travail.

Pour décrire plus aisément le principe de l'appareil, nous allons examiner l'application qui en a été faite au cas particulier suivant : soit à comparer la courbe d'énergie d'une source S_1 à celle d'une source étalon S_2. On prend sur une même plaque P, à l'aide du même spectrographe, les spectres s_1 et s_2 de S_1 et S_2. Toutefois le spectre s_2 (voir schéma) est pris à l'aide d'une fente assez haute et d'un des dispositifs classiques qui permettent d'obtenir un dégradé bien défini dans la direction des raies.

Le microphotomètre dont voici le schéma est un opacimètre à deux faisceaux. Deux fentes f_1 et f_2 sont illuminées par une lampe L à travers les lentilles *a*

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2132.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

et a'; deux objectifs O_1 et O_2 projettent les images de f_1 et de f_2 respectivement sur les spectres s_1 et s_2 (la plaque P ayant été coupée en deux parties P_1 et P_2).

Notons que les faisceaux ont été réfléchis par les miroirs inclinés M_1 et M_2.

Les deux pinceaux lumineux, après avoir traversé les spectres, tombent sur

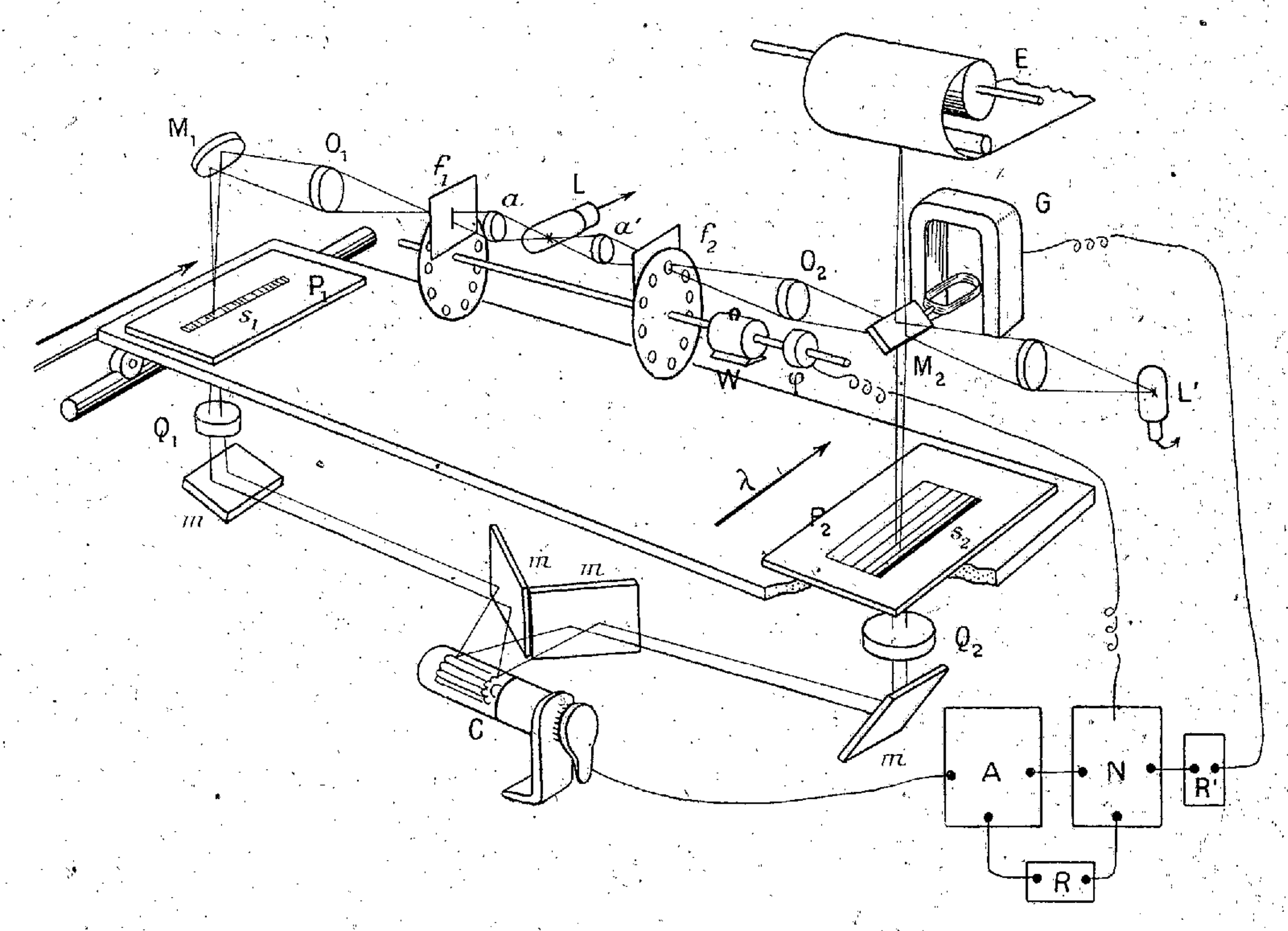


Schéma du microphotomètre automatique IAP/CNRS.
(Les flèches indiquent le sens de déplacement du chariot.)

les objectifs Q_1 et Q_2 qui forment les images de O_1 et O_2 sur la cathode d'une cellule photoélectrique ou d'un multiplicateur d'électrons C (un jeu de miroirs *m* renvoie les rayons dans les directions convenables).

Deux disques obturateurs à ouvertures multiples, entraînés par un moteur W, provoquent des interruptions périodiques des faisceaux lumineux de telle façon que P_1 et P_2 soient alternativement éclairés et cela à une fréquence F.

La cellule C reçoit donc un flux lumineux qui est modulé à la fréquence F si les opacités des éléments explorés de P_1 et P_2 sont inégales mais qui n'est pas modulé si elles sont égales. Le courant sortant de C passe dans un amplificateur sélectif A accordé sur la fréquence F, il traverse ensuite un modulateur N qui reçoit d'autre part une tension, de fréquence F également, provenant d'un petit alternateur φ calé sur l'arbre des disques obturateurs. A la sortie de N on dispose alors d'un courant continu dont l'intensité est

fonction du déséquilibre des opacités en P_1 et P_2 et dont le sens, grâce à la présence de φ, dépend du signe de ce déséquilibre.

Ce courant est alors envoyé dans le cadre galvanométrique de G qui ne comporte pas de ressort de rappel, ce cadre est solidaire du miroir M_2. On voit donc que M_2 va tourner de telle sorte que le spot se déplace sur le spectre dégradé P_2 en tendant vers l'égalisation des éclairements de C par chacun des deux faisceaux; à ce moment l'équilibre est atteint, le mouvement cesse puisque le courant s'annule (des circuits électriques complexes R et R', agissant à la fois sur l'amplification de A et l'amortissement de G empêchent les oscillations de M_2).

Un moteur non figuré sur le schéma assure simultanément le déplacement du chariot portant P_1 et P_2 et le déroulement du papier photographique de l'enregistreur E. Le rayon d'une lampe L' réfléchi par l'autre face de M_2 enregistre les positions successives prises par ce miroir pendant l'exploration du spectre. Il est facile de voir que la courbe ainsi obtenue reproduit la courbe d'énergie de la source inconnue si la source étalon a une énergie constante le long de son spectre et cela indépendamment des caractéristiques de la couche sensible puisqu'on opère par comparaison.

L'échelle des énergies dépend de la fonction utilisée pour l'obtention du dégradé du spectre étalon; cette loi peut être choisie arbitrairement en vue de l'utilisation commode des graphiques.

Une variante de cet appareil à miroir tournant permet de l'utiliser comme traceur d'isophotes en coordonnées rectangulaires ou polaires.

Une autre disposition évidente permet de faire la comparaison, non pas de deux opacités de plaques photographiques mais des deux flux lumineux provenant directement de la source à étudier et de la source étalon.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet des ramifications de chaînes sur la pression osmotique des solutions de hauts polymères.* Note (*) de MM. **Egbert Kunst** et **Michel Magat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pendant ces dernières années, plusieurs auteurs ont développé la thermodynamique des solutions de hauts polymères par différents procédés statistiques ([1]). Ils ne traitent tous que le cas des molécules en chaînes non ramifiées, à l'exception de Zimm ([2]), qui donne seulement des indications qualitatives. Or il est important de connaître quantitativement l'effet d'une ramification plus ou moins grande, cet effet pourrait ensuite inversement servir à déterminer le degré de ramification.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) Résumé : voir Magat, *Congrès de Thermodynamique*, Bruxelles, 1948 (à paraître).

([2]) B. M. Zimm, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 164.

Pour arriver à ce but, nous avons essayé d'introduire ce degré de ramification dans la théorie de Guggenheim ([3]) qui s'y prête mieux que les autres. Nous sommes partis de la formule (6.2) du travail de Guggenheim (chaleur de mélange = o)

$$\exp\left(\frac{\overline{G}_0}{RT}\right) = N_B \frac{(mN_A + N_B)^{\frac{q-1}{m-q}}}{(qN_A + N_B)^{\frac{m-1}{m-q}}}, \tag{1}$$

où $\overline{G}_0$ = l'énergie libre de mélange partiel du solvant,
N_A = nombre de molécules du polymère,
N_B = nombre de molécules du solvant,
m = poids moléculaire du haut polymère exprimé en nombre de chaînons ayant le même volume que les molécules du solvant.
qZ = nombre total de sites voisins d'une molécule entière de haut polymère,
Z = nombre de voisins d'un site quelconque.

Pour une chaîne non ramifiée (dans le cas d'un réseau cubique),

$$qZ = mZ - 2(m - 1). \tag{2a}$$

Pour une chaîne avec p ramifications, on trouve (dans le même cas),

$$qZ = mZ - 2(m + p - 1). \tag{2b}$$

$m = 12$
$Z = 4$
$p = 0$

$m = 12$
$Z = 4$
$p = 1$

Ces deux relations sont illustrées par la figure plane I. En développant cette formule on obtient :

$$\frac{\overline{G}_0}{RT} = -\frac{1}{m}(1 - \varphi_0) + \frac{q + m - mq}{2m^2}(1 - \varphi_0)^2. \tag{3}$$

En introduisant (2) et pour m très grand, on trouve :

$$\frac{\overline{G}_0}{RT} = -\frac{}{m}(1 - \varphi_0) - \left\{\frac{1}{2} - \frac{1}{Z}\left(1 + \frac{p}{m}\right)\right\}(1 - \varphi_0)^2. \tag{4}$$

En posant $p = 0$, on retrouve la formule de Flory, Huggins, etc.

([3]) E. A. Guggenheim, *Proc. Roy. Soc. A.*, **183**, 1944, p. 203.

Pour la pression osmotique, on obtient

$$\frac{\pi}{(1-\varphi_0)}=\frac{1}{m}\frac{RT}{V}+\frac{RT}{V}\left\{\frac{1}{2}-\frac{1}{Z}\left(1+\frac{p}{m}\right)\right\}(1-\varphi_0). \tag{5}$$

Dans les mesures de la pression osmotique, on trace habituellement la courbe π/c en fonction de c, où c est la concentration en g/cm³. Or c est proportionnel à $(1-\varphi_0)$, c'est donc le facteur de $(1-\varphi_0)$ dans la formule (5) qui détermine la pente initiale de cette courbe. Cette pente dépend du nombre de ramifications p.

En introduisant des valeurs numériques pour m, p et Z, on peut se rendre compte de l'ordre de grandeur des effets à attendre.

C'est seulement pour des ramifications très nombreuses que l'on trouve un changement appréciable du facteur de $(1-\varphi_0)$ dans (5) par rapport à sa valeur pour une chaîne non ramifiée de même poids moléculaire. Pour $Z=4$, le changement relatif de ce facteur est à peu près égal à la fraction p/m, nombre de ramifications par unité de poids moléculaire.

Expérimentalement, cela veut dire que la différence de pente des droites $\pi/c=f(c)$ ne devient mesurable que pour des valeurs de p/m supérieures à 5 %. Nous pouvons donc conclure :

1° En principe, des mesures comparatives de la pression osmotique (ou de la diffusion de la lumière) pour des hauts polymères différant seulement par le nombre de branches, peuvent donner des indications sur le degré de ramification.

2° L'effet ne dépasse les erreurs de mesure que pour des degrés de ramification très élevés.

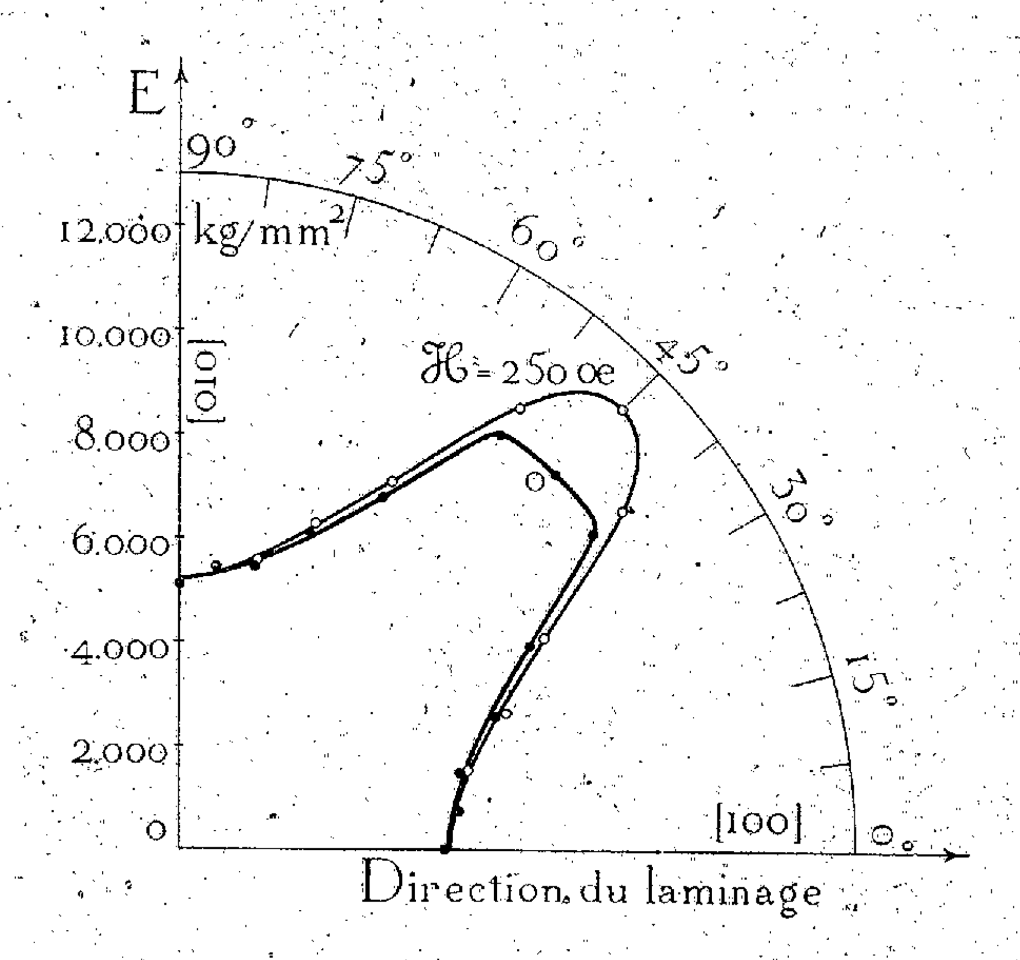
CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'orientation sur la variation magnétique du module de Young dans une feuille d'invar monocristalline.* Note (*) de M. **Pierre-Jean Bouchet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

A partir du diagramme *force-allongement* enregistré par une micromachine de traction Chevenard, on peut, comme je l'ai montré ([1]), mesurer à mieux que 3 % près le module de Young d'un fil ou d'un ruban ; et j'ai tiré parti de cette propriété pour étudier l'anisotropie élastique d'un monocristal d'invar obtenu par recristallisation orientée d'une tôle écrouie à froid. Il m'a paru intéressant de reprendre ces déterminations sur les mêmes rubans-éprouvettes, plongés dans un champ magnétique uniforme capable de saturer la magnétostriction de l'alliage.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1168.

Ces expériences visaient d'abord à déterminer, pour différentes orientations contenues dans le plan (100) coïncidant avec le plan de la feuille, la variation magnétique de l'élasticité, caractérisée par ce qu'on appelle l'effet ΔE. On sait qu'un champ magnétique modifie la courbe de traction des solides ferromagnétiques par deux mécanismes distincts : il supprime, comme l'a vérifié récemment M. Boulanger ([2]), l'anomalie de frottement intérieur spéciale à ces corps et qui tend à transformer le segment de droite réversible correspondant au domaine élastique en un cycle plus ou moins dilaté ; il modifie le module de Young du fait que la magnétostriction varie avec la tension : c'est l'effet ΔE. Il m'a paru intéressant de rechercher si l'intensité de cet effet dépend de la direction cristalline dans laquelle on fait la mesure. En outre, Köster ([3]) ayant établi que, pour les ferro-nickels réversibles, l'effet ΔE moyen et la valeur absolue de la magnétostriction moyenne varient dans le même sens en fonction de la teneur en nickel, je me suis demandé s'il existe une relation du même genre entre l'effet ΔE et la magnétostriction, tous deux relatifs à différentes directions dans un cristal d'un alliage donné. Je me suis servi pour cette comparaison des mesures de magnétostriction effectuées par Lichtenberger ([4]) : cet



auteur a montré, notamment, que la magnétostriction croît d'une façon continue lorsqu'on décrit le plan (100), de la direction [100] à la direction [110].

Or, comme le montre la figure ci-dessus, l'expérience vérifie l'existence de cette relation dans le cas de l'invar monocristallin. La courbe repérée O,

---

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1286.

([3]) *Zeitschrift für Metallkunde*, **35**, 1932, p. 194.

([4]) *Ann. d. Physik*, **5-15**, 1932, p. 45.

relative à l'état magnétiquement neutre, affectée d'une troncature suivant la direction [110], se transforme, sous l'influence d'un champ de 250 œrsteds capable de saturer la magnétostriction de l'invar, en une courbe à maximum arrondi, tout à fait comparable à celle que Weerts a obtenue pour le cuivre ([5]). Cette courbe est symétrique par rapport à la direction [110], le long de laquelle l'effet ΔE atteint sa plus forte valeur : 18 %. ΔE est pratiquement nul selon les directions [100] et [010], l'une parallèle et l'autre perpendiculaire au laminage. On voit que l'application d'un champ fait croître le module de Young, surtout suivant les orientations où la magnétostriction est la plus élevée, et qu'elle modifie la courbe polaire *module-orientation* de manière à la rendre semblable à la courbe d'un cristal métallique paramagnétique.

D'après l'ensemble de mes mesures, l'effet moyen dans le plan (100) d'un monocristal d'invar atteint 5,3 % environ. Ce chiffre est en bon accord avec les mesures de Köster qui, pour un barreau d'invar polycristallin pseudo-isotrope, a trouvé un effet ΔE moyen égal à 8 %. Comme la magnétostriction est maxima dans la direction [111], l'effet ΔE doit y être lui-même maximum, et il est normal de trouver dans le plan (100) une variation de module inférieure à la moyenne relative au cristal entier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nature de l'isomérie des nitrosophénols, des quinone-oximes et de leurs dérivés acylés d'après les spectres d'absorption.* Note (*) de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude spectrale des produits de nitrosation des phénols ou d'oximation des quinones nous a permis d'établir que ces substances peuvent exister sous trois formes tautomères : nitrosophénol (I), quinone-oxime (II) et une forme [soit (β)] que nos formules ne permettent ni d'expliquer ni de prévoir. La forme (β) se distingue des deux autres formes par le fait que certains de ses atomes fonctionnels ont des orbites électroniques différentes de celles existant dans les formes (I) et (II). Une telle isomérie a déjà été observée dans plusieurs séries.

HO—C_6H_4—N=O (I) → R.COO—C_6H_4—N=O (III) ; C_6H_5—N=O (V)

(β)

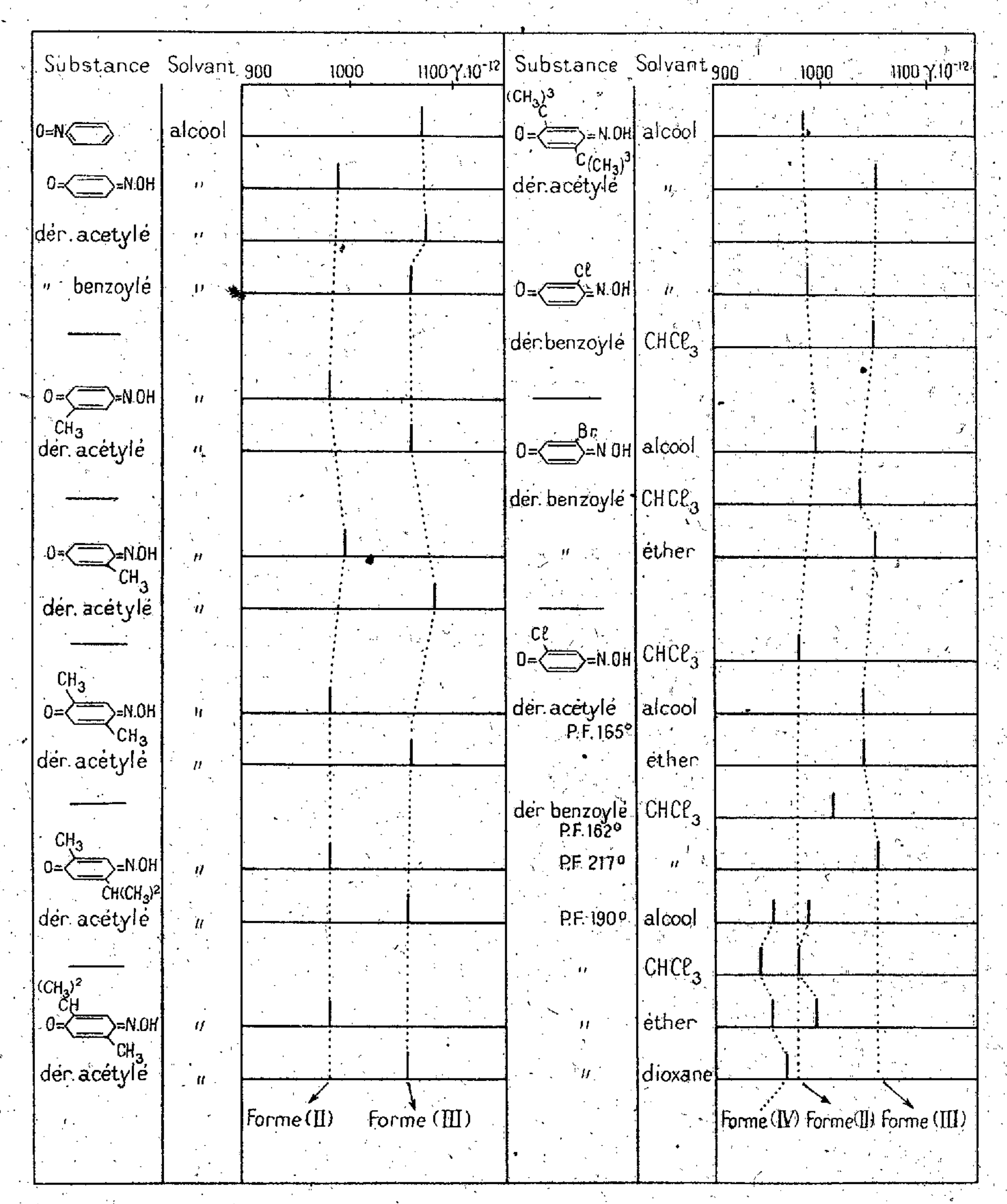
HO.N=C_6H_4=O (II) → R.COO.N=C_6H_4=O (IV) ; C_6H_5—CH=N.OH (VI)

Par acylation directe de ces substances on pouvait envisager la formation

([5]) J. Weerts, *Zeitschrift für Metallkunde*, 25, 1933, p. 101.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

d'un ester phénolique (III), d'une benzoquinone-acyloxime (IV) et d'un dérivé acylé de (β). Si la structure des combinaisons libres a donné lieu à de nombreuses recherches et fut très discutée, celle de leurs produits d'acylation a été peu étudiée. On leur a généralement attribué la formule (IV) et lorsque l'existence de deux isomères a été signalée, ils ont été considérés comme des stéréoisomères *cis* et *trans*.



Si l'identification du spectre de l'ester (III) est aisée par le fait que son maximum d'absorption doit être très voisin de celui du dérivé nitrosé (V) qui lui correspond par suppression du groupe R.COO—, celle du spectre de (IV) était moins aisée. En effet d'une part, on ne peut préparer ce corps par action de $R.COO.NH_2$ sur la benzoquinone et par suite connaître son spectre avec

certitude. D'autre part, si l'on sait que l'acylation d'une oxime de la série benzénique (VI) ne produit qu'un faible changement d'absorption, il n'en est pas forcément de même dans le cas des quinone-oximes dont le noyau n'a pas la même structure et dans lesquelles la fonction est engagée dans le noyau.

Les résultats obtenus au cours de nos recherches et dont l'essentiel se trouve résumé dans le tableau ci-dessus où sont données les positions des maxima d'absorption (exprimés en fréquences $\nu.10^{-12}$) de la bande principale de chacun des produits étudiés, permettent d'énoncer ces conclusions :

a. L'absorption des dérivés acylés (III) et (IV) correspond sensiblement à ce que l'on pouvait prévoir. C'est ainsi que le maximum d'absorption des solutions alcooliques des esters varie, suivant les substituants présents sur le noyau, de 1040 à 1075 $\nu.10^{-12}$, alors que le maximum du nitrosobenzène est situé à 1075. C'est encore ainsi que le spectre du dérivé acylé (IV) diffère peu, comme dans la série benzénique, de celui de la combinaison libre qui lui correspond (*voir* le tableau).

b. Les produits acylés obtenus sont, le plus souvent, constitués par des mélanges des deux formes (III) et (IV) dans lesquels la première prédomine. Il s'ensuit que, comme sa bande empiète sur celle de la forme (IV), le maximum de cette dernière ne peut être mesuré avec précision.

c. Par cristallisations soit dans l'alcool, soit dans l'acide acétique, les benzoquinone-acyloximes (IV) se transforment en leurs esters isomères (III). Une telle transformation, qui implique la migration du groupe R.CO— de l'O de la fonction oxime à l'O du carbonyle, en même temps que le noyau quinoïde se transforme en noyau benzoïde, ne semble pas avoir été signalée.

En définitive : Ces recherches ont permis d'établir, pour la première fois, que : 1° par acylation des solutions contenant les trois formes (I), (II) et (β), il se forme les dérivés acylés correspondant aux variétés benzénique (III) et quinonique (IV) dont les spectres ont été étudiés et, 2° par simple cristallisation, l'isomère quinoïde (IV) se transforme en l'ester phénolique (III) qui, par suite, constitue la forme stable.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Le système nodal et la différenciation de l'appareil laticifère dans la plantule de* Chelidonium majus *L.* Note de MM. **Fernand Pellissier** et **Lionel Lacrotte**, présentée par M. Roger Heim.

L'un de nous a exposé ici même le processus de l'ontogénèse des éléments conducteurs ligneux dans les feuilles des végétaux dicotylés (1).

Chez *Chelidonium majus* L. les laticifères *cloisonnés* s'édifient suivant un

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 676; 223, 1946, p. 686.

principe identique. Toutefois, certaines particularités sont propres aux premiers *cordons sécréteurs* de la plantule :

1° quatre cordons sécréteurs, disposés en deux paires symétriques, se différencient *très tôt* de points initiaux corticaux localisés avec précision au niveau du collet morphologique. A partir de ces points, leur progression dans les deux directions (vers la racine comme vers l'hypocotyle) est *nodifuge, tardive* et *discontinue*.

Leur mise en évidence *in situ*, dans l'organe rendu transparent par imprégnation en milieu chloral-glycériné et coloré par le Soudan III, y montre des éléments courts, à parois plus réfringentes et dont le contenu, plus granuleux, est plus vigoureusement teinté. Ces caractères s'estompent de part et d'autre.

Ainsi avons-nous pu suivre :

a. Tout d'abord le quadruple appareil à latex de la radicule (partie sous-initiale basipète) par édification de points relais isolés et formés de proche en proche au niveau d'insertion des ramifications de l'organe (les radicelles).

b. Ensuite le quadruple système laticifère de l'hypocotyle prolongé lui-même par paires dans les nervures médianes de chacun des cotylédons symétriques (partie supra-initiale basifuge) par formation *de zones relais, disposées de bas en haut*, mais en nombre et position variables, dans *l'hypocotyle* et dans les cotylédons. *La discontinuité des différenciations radiculaires et hypocotylées* de l'appareil sécréteur paraît être un phénomène intéressant et qui s'oppose au processus de continuité de la trachéogénèse, déjà ancienne dans ces deux organes.

Dans un deuxième temps, les points ou zones relais sont raccordés tout au long des parties souterraines et aériennes par le processus déjà exposé de différenciation nodifuge.

2° Dans chaque cotylédon deux cordons sécréteurs nouveaux naissent ensuite d'une base de départ baso-cotylédonaire (point initial). Ils donnent par leur développement basifuge l'appareil à latex des nervures latérales, tandis que leurs portions sous-initiales basipètes cheminant de *haut en bas* et, construisant de *proche en proche* de nouvelles zones discontinues (parallèles aux zones relais basifuges des cordons axiaux), vont contribuer à enrichir le système sécréteur de l'hypocotyle.

Il n'y a donc pas ramification des cordons axiaux dans les nervures latérales, *mais construction autonome* de nouvelles unités sécrétrices. L'indépendance de ces deux types de cordon nous est révélée dans l'hypocotyle par l'opposition de leur sens de différenciation.

3° A leur tour, les laticifères correspondant aux nervures de deuxième, puis de troisième ordre, prennent naissance de la base au sommet et du centre vers la périphérie de points initiaux limbaires disposés *contre* la partie supra-initiale

des cordons antérieurs. Par différenciation nodifuge et discontinue, ils poursuivent indépendamment leur différenciation.

Les fusions anastomotiques, lorsqu'elles s'opèrent entre cordons différents, *se réalisent seulement aux dépens d'éléments sous-initiaux basipètes* et strictement isochrones.

En définitive, l'appareil à latex de *Chelidonium majus* L., tout comme le système conducteur ligneux, ne saurait être considéré comme l'équivalent d'une organisation unique abondamment ramifiée.

Dans les phases initiales de son développement tout au moins, ses éléments peuvent être décomposés en systèmes distincts : *les cordons sécréteurs*, nés d'un point initial et progressant dans les deux directions par étapes discontinues ou points relais, dont l'ensemble (véritable système nodal) est raccordé par différenciation nodifuge. Les cordons suivants naissent les uns sur les autres, se mettant en état de subordination basifuge et centrifuge.

Mais si tel est le processus général, il faut noter que l'ontogénèse sécrétrice présente une discontinuité hypocotylée et radiculaire, alors que les premiers vaisseaux s'y sont édifiés de manière continue.

A notre sens ce phénomène traduit seulement le retard des différenciations sécrétrices sur l'architecture ligneuse. Lorsque celle-ci s'élabore (dans la graine elle-même et au cours des premières phases de la germination), points initiaux et relais forment un ensemble compact, indissociable dans l'espace comme dans le temps et donnent une trachéogénèse apparemment continue. Avant les premières manifestations de morphogénèse sécrétrice s'opèrent l'accroissement longitudinal de l'organe et, par voie de conséquence, *la disjonction des points nodaux*; dans les zones de moindres étirements, isolément, se manifestent alors les différenciations sécrétrices.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Valeur des résultats fournis, sur le son de Blé, par différentes méthodes de dosage des constituants des membranes.* Note de M. Paul Fournier, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans les laboratoires techniques d'analyse des aliments, les constituants des membranes ne sont pas correctement dosés. Dans la pratique, on évalue plus ou moins empiriquement un taux de *substances cellulosiques* qui ne correspond pas à la teneur réelle en constituants spécifiques des membranes : cellulose, hémicelluloses, matières pectiques et lignine, les constituants non spécifiques étant dosés avec les autres composants de l'aliment.

Nous avons recherché, sur un son de Blé, s'il n'existe pas de méthode à la fois pratique et exacte de dosage des constituants spécifiques des membranes. Le son analysé contenait des quantités négligeables de matières pectiques. Certains procédés, qui tiennent le plus grand compte des propriétés chimiques des constituants auxquels ils s'appliquent, peuvent être considérés comme

méthodes de référence. Pour la cellulose, nous avons adopté comme telle celle de G. Bertrand ([1]). Pour les hémicelluloses, nous avons utilisé une méthode de référence qui dérive de celle de Tollens et Kröber, par formation et dosage de furfuraldéhyde. Les modifications que nous avons apportées consistent : *a.* à empêcher la formation d'hydroxyméthylfurfuraldéhyde à partir des hexoses, par fermentation de ces derniers au moyen de la levure de boulangerie, dans l'hydrolysat de la substance analysée; *b.* à doser volumétriquement le furfuraldéhyde formé. Pour la lignine, nous avons employé une méthode basée sur la résistance de ce corps à l'acide sulfurique à 70 % en poids ([2]). Ces méthodes, choisies ou élaborées après une étude minutieuse de la constitution des membranes végétales ([3]), ont l'inconvénient d'être laborieuses et inutilisables pour des dosages en série.

Nous avons comparé les résultats de certaines méthodes courantes à ceux qui sont fournis par les méthodes de référence. Les méthodes essayées sont : la méthode de Weende qui donne la cellulose brute; celle de Guillemet et Jacquot, ou détermination de l'indice formique ([4]); celle de Williams et Olmsted qui, en un seul dosage, donnerait la teneur en cellulose, hémicelluloses et lignine ([5]).

Tous les essais ont été pratiqués sur un son de Blé de variété indéterminée, qui, en meunerie, est catalogué sous le nom de « gros son brossé ». Tous les résultats sont exprimés en grammes pour 100^{g} de son sec.

1° *Méthode de référence.* — Cellulose, 12,8; hémicelluloses, 23,7; lignite, 4,9.

2° *Méthode de Weende.* — Cellulose brute, 11,1. Les méthodes de référence appliquées à celle-ci ont fourni : cellulose, 8,1; hémicelluloses, 0,45; lignine, 1,8, soit au total 10,35. La différence entre ce chiffre et celui de cellulose brute correspond à des matières minérales et azotées.

3° *Méthode de Guillemet et Jacquot.* — Indice formique, 18,7. L'analyse du résidu de l'attaque formique a donné les résultats suivants : cellulose, 9; hémicelluloses, 1,4; lignine, 2,8, soit un total de 13,2. La différence entre ce chiffre et l'indice formique correspond surtout à la présence de lipides. L'un des auteurs de la méthode a d'ailleurs conseillé ultérieurement de délipider le résidu de l'attaque formique ([6]). Ce résidu contient aussi de petites quantités d'acide formique.

4° *Méthode de Williams et Olmsted.* — Cellulose, 12,1; hémicelluloses, 24,8; lignine, 5,4.

([1]) *Ann. Agron.*, 7, 1937, p. 1.
([2]) *Bull. Soc. sc. Hyg. alim.*, 36, 1948, p. 122.
([3]) *Rev. gén. de Botan.*, 55, 1948, p. 49.
([4]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 508.
([5]) *Journ. of biol. Chem.*, 108, 1935, p. 653.
([6]) R. Guillemet et P. Hamel, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 27, 1945, p. 231.

5° *Comparaison des résultats.* — Si l'on exprime par 100 les quantités respectives de cellulose, hémicelluloses et lignine contenues dans le son initial, les autres méthodes donnent :

	Référence.	Weende.	Indice formique.	Williams.
Cellulose........	100	64	71	94
Hémicelluloses....	100	2	6	105
Lignine..........	100	37	57	110

Si l'on désigne par 100 les quantités de cellulose, hémicelluloses et lignine présentes dans le son et obtenues par les méthodes de référence, les autres méthodes fournissent : Weende, 26,7; Indice formique, 45; Williams, 102.

Il y a donc des différences considérables entre les aptitudes des diverses méthodes à représenter l'ensemble des constituants spécifiques des membranes végétales.

Dans tous les cas où les hémicelluloses sont formées de pentoses, d'acides uroniques ou d'hexoses non fermentescibles dans les conditions décrites par ses auteurs, l'emploi de la méthode de Williams et Olmsted, bien qu'assez laborieuse, constitue un progrès très sensible sur les autres méthodes couramment utilisées.

BIOLOGIE. — *Sur l'émission d'ondes ultra-sonores par les Abeilles domestiques.* Note de MM. **Maurice Rose**, **Jean Savornin** et **Jean Casanova**, présentée par M. Maurice Caullery.

Après de longs et minutieux calculs, des essais nombreux et variés, deux d'entre nous (J. Savornin et J. Casanova) sont parvenus à construire et à mettre au point un appareil récepteur d'ondes ultra-sonores très sensible et très sélectif.

Cet appareil peut fonctionner aussi bien avec le courant d'un secteur alternatif d'éclairage à 120 volts, que sur une petite batterie d'accumulateurs de 6 volts. Très robuste, très maniable, de faible poids, peu encombrant, il est facile à transporter dans la campagne et son réglage est rapide et sûr. D'autre part, il est capable d'explorer une gamme sonore et ultra-sonore allant de 15 à 70 kilocycles et de sélectionner des émissions variant entre elles de 2 à 3 kilocycles.

Nous avons transporté cet appareil au voisinage d'un rucher dans la campagne algérienne et nous avons observé les résultats préliminaires suivants :

A l'entrée d'une ruche en activité, au mois d'août, il y a émission ultra-sonore entre 20 et 22 kilocycles, que le haut-parleur de notre appareil traduit comme un bruit de soie froissée, entremêlé de quelques tops plus brefs et plus rares.

Un appât miellé est disposé à 200^{m} environ du rucher. Très vite, des guêpes

viennent y butiner et nous ne captons aucun bruit. Au bout de deux heures, des abeilles commencent à venir et des ultra-sons deviennent alors perceptibles. Une heure plus tard, l'assiette appâtée est couverte d'abeilles qui arrivent et partent en volant. L'émission ultra-sonore devient continue, mais avec des variations d'intensité sensibles, qui semblent dépendre du degré d'agitation des insectes.

Cette expérience a été recommencée un matin brumeux d'octobre; l'appât était à quelques décimètres de la ruche, fort peu active. Les abeilles sortaient peu nombreuses. Nous avons retrouvé les mêmes résultats, un peu moins nets, et nous avons pu constater, en outre, que l'émission des ultra-sons, toujours de même fréquence, a lieu lorsque les butineuses s'envolent de l'appât qui leur a été offert.

Un contrôle minutieux de notre appareil en activité, pendant et après nos observations, nous a montré qu'il était tout à fait insensible aux bruits ordinaires, et captait, à plusieurs mètres, uniquement les ultra-sons d'un diapason ultra-sonore étalonné entre 20 et 22 kilocycles.

Nous pouvons donc conclure, en toute sécurité semble-t-il, que les abeilles domestiques émettent des ultra-sons bien localisés dans la gamme, et qu'on peut réussir à les capter, soit à l'entrée de la ruche, soit près des appâts sucrés sur lesquels elles se nourissent en grand nombre. Les recherches que nous nous proposons d'effectuer dans des conditions plus précises et plus variées, nous permettront sans doute de recueillir des faits nouveaux et de mieux étudier ceux que nous signalons dans cette Note.

BIOLOGIE. — *Sur les variations quantitatives de l'acétylcholine chez* Helix pomatia *consécutives à des injections d'ésérine et de prostigmine, et sur leur signification biologique.* Note (*) de MM. **Antoine Jullien** et **Jean Ripplinger**, transmise par M. Léon Binet.

En 1941, A. Jullien et D. Vincent (¹) ont montré que les cœurs isolés d'*Helix pomatia* en activité automatique ou non, sans excitation des nerfs cardiaques, libéraient dans le liquide de Ringer ésériné ambiant de notables quantités d'acétylcholine et que celles-ci étaient beaucoup plus élevées lorsque le myocarde se contractait automatiquement. En outre, en fin d'expérience, le myocarde contenait un reliquat d'acétylcholine plusieurs fois supérieur à la quantité dosée au départ. Au total, la quantité d'acétylcholine produite, fraction diffusée et fraction accumulée à l'intérieur du myocarde, correspond à environ 5 fois le taux initial. Dans ces expériences, l'acétylcholine apparaît comme un produit banal, un métabolite dont le rejet à l'extérieur, en quantité plus ou

---

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 952.

moins importante, est en rapport avec l'état fonctionnel de l'organe. Ces résultats, confirmant les expériences de A. Jullien et G. Morin poursuivies dès 1930 ([2]), chez *Murex trunculus*, sont en contradiction avec l'hypothèse d'une médiation cholinergique chez les Mollusques, tout au moins chez les Gastéropodes.

Dans cette Note, nous avons eu pour but de préciser le jeu de l'acétylcholine dans l'organisme d'*Helix pomatia*, préparé par une injection préalable d'une substance anticholinestérasique, celle-ci étant soit l'ésérine, soit la prostigmine et nous avons étudié les variations du taux de l'acétylcholine principalement dans trois organes : le cœur, le foie et le rein.

Les injections d'ésérine ou de prostigmine sont calculées pour que les exemplaires utilisés aient, dans l'ensemble de leur masse, une teneur comprise entre 1/50000 et 1/200000 en produit anticholinestérasique. Après un intervalle de temps variable (de 1 à 4 jours), les animaux sont sacrifiés et l'on procède au dosage de l'acétylcholine dans les organes précités par la méthode de Fühner-Minz.

Au départ, avant les injections, les teneurs en acétylcholine ou substance équivalente étaient, en moyenne et par gramme, les suivantes : cœur, $1^{\gamma},6$; foie, $0^{\gamma},9$; rein, $0^{\gamma},8$. Les chiffres précédents ne présentent que des modifications insensibles lorsqu'on soumet les Escargots à des conditions expérimentales variables telles que le jeûne prolongé, le froid ou la chaleur.

Après injection des anticholinestérases, les taux en acétylcholine deviennent (moyenne de plusieurs expériences) :

Exemplaires ésérinés : cœur $2^{\gamma},5$, foie $5^{\gamma},3$, rein $4^{\gamma},6$.

Exemplaires injectés à la prostigmine : cœur $1^{\gamma},2$, foie $14^{\gamma},5$, rein $2^{\gamma},8$.

De ces dosages, il résulte que la teneur du cœur ne subit que de faibles variations; par contre, les taux en acétylcholine du foie et du rein sont considérablement augmentés. Après action de l'ésérine, ils atteignent environ 6 fois le taux normal ($5^{\gamma},3$ contre $0^{\gamma},5$) pour le foie et $4^{\gamma},6$ contre $0^{\gamma},8$ pour le rein. Après emploi de la prostigmine, l'augmentation est encore plus importante en ce qui concerne le foie dont la teneur correspond à 16 fois la quantité initiale ($14^{\gamma},5$ contre $0^{\gamma},9$).

Comment interpréter ces variations et quel est leur déterminisme probable? Pour le foie et le rein, on peut émettre l'hypothèse que ces organes sont, comme le cœur, de gros producteurs d'acétylcholine en même temps que, parallèlement, ils sont riches en cholinestérase. Lorsque celle-ci est bloquée par l'ésérine ou la prostigmine, l'acétylcholine s'accumule *in situ*, ceci à condition de continuer à admettre que la destruction de l'acétylcholine résulte d'une action diastasique. Dans les conditions physiologiques normales, l'action puissante de la

---

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 106, 1930, p. 187.

cholinestérase expliquerait la teneur relativement faible du foie et du rein en acétylcholine.

Mais une telle supposition appelle, à notre avis, un important correctif dû à la confrontation des précédents résultats et de ceux recueillis pour le cœur. Dans le travail antérieur de A. Jullien et D. Vincent cité plus haut, on a vu que le cœur, fonctionnant automatiquement, produisait une quantité importante d'acétylcholine. Le taux intracardiaque de cette substance restant sans changement appréciable, après 2 à 4 jours, chez les exemplaires d'*Helix* ayant reçu de l'ésérine ou de la prostigmine, il paraît logique d'admettre que l'acétylcholine fabriquée par le cœur, n'est pas ou n'est que peu détruite *in situ*, mais qu'elle l'est dans d'autres régions de l'organisme qui pourraient être représentées par le foie et le rein où la teneur en est considérablement augmentée. Et ainsi, une fraction de l'acétylcholine hépatique ou rénale serait d'origine extrinsèque. Le produit serait véhiculé par l'hémolymphe, où son hydrolyse partielle pourrait également s'effectuer.

En résumé : les variations du taux de l'acéthylcholine dans le cœur, le foie et le rein, observées chez *Helix pomatia* dans les conditions physiologiques normales et après injection d'ésérine ou de prostigmine, tendent à établir un classement des organes au point de vue de la production et de la destruction de cette substance; l'acéthylcholine élaborée par le cœur ne disparaît pas au lieu de sa formation, mais en d'autres points privilégiés représentés notamment par le foie et le rein qui seraient des organes d'accumulation et de destruction du produit.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Cristallisation de la sérum-albumine de Cheval en milieu neutre ou alcalin.* Note de M. **Jean-Jacques Pérez**, présentée par M. Maurice Javillier.

La technique classique pour obtenir la sérum-albumine de Cheval cristallisée consiste à éliminer les globulines du sérum par le sulfate d'ammonium à demi-saturation, puis à *acidifier* les eaux-mères à un pH de 4,8 environ. Les albumines cristallisent alors par simple agitation à la température du laboratoire [1]. Mais, comme nous l'avons constaté, il est également possible de faire apparaître des cristaux dans les eaux-mères des globulines en milieu *neutre* ou *alcalin* (pH compris entre 7 et 8,5). Il suffit, pour cela, d'éliminer les globulines immédiatement après leur précipitation à ce pH, de préférence à une température voisine de 4°. Les eaux-mères sont parfaitement limpides, mais, parfois spontanément à la température du laboratoire et, mieux, en agitant énergiquement, le liquide se trouble assez rapidement. Si le trouble tarde à se produire, on peut généralement provoquer sa formation en élevant la température

---

[1] Sörensen et Höyrup, *C. R. Lab. Carlsberg*, 12, 1917, p. 164.

jusqu'à 25 ou 30°. En 24 heures, le précipité, plus ou moins abondant (jusqu'à 8g par litre de sérum), se dépose et le liquide surnageant est parfaitement limpide.

Ce précipité se présente sous la forme de fines aiguilles cristallines. Il se dissout dans l'eau avec une facilité remarquable en donnant une solution limpide jaune pâle. Il reprécipite immédiatement par le sulfate d'ammonium à demi-saturation, à la neutralité, pour des concentrations suffisamment élevées en protéides (5 %); pour des concentrations plus faibles, il forme des cristaux en aiguilles, tardant d'autant plus à apparaître que la concentration est plus faible; si la concentration devient inférieure à 1 %, la cristallisation en milieu neutre ne se produit plus.

La teneur en azote protéidique de ce précipité est voisine de 16 %; la teneur en lipides varie de 1 à 2 % et la teneur en glucides (méthode à l'orcinol modifiée) [2] est au maximum de 0,07 % (évaluée en galactose-mannose). Cette substance n'est donc pas une cénapse lipido-protéidique [3] ou un complexe glucido-protéidique, mais un protéide. Par sa propriété de précipiter du sérum, en milieu neutre, au moyen du sulfate d'ammonium à demi-saturation, ce protéide se rapproche d'une globuline. Mais l'expérience suivante montre qu'il s'agit d'une albumine : si l'on soumet ces cristaux à une série de dissolutions et de cristallisations à pH 7,7, la quantité des cristaux obtenus diminue à chaque cristallisation et, si l'on amène chacune de leurs eaux-mères à pH 4,8, on obtient de nouveaux cristaux qui ont la forme et les caractères de solubilité des albumines classiques préparées à pH 4,8 [4]. Après une dizaine de cristallisations à pH 7,7, la substance cristallisant à ce pH a pratiquement disparu; par contre, on a obtenu, à partir de chacune des eaux-mères, des cristaux d'albumine classique. Il semble donc bien que la substance cristallisant en milieu neutre ou alcalin soit une albumine ordinaire.

Le fait est confirmé par la réversibilité du phénomène : toutes ces fractions provenant des eaux-mères et cristallisant à pH 4,7 peuvent être amenées à cristalliser à pH 7,7. Il suffit pour cela d'amener à la demi-saturation en sulfate d'ammonium, à pH 7,7, la solution suffisamment concentrée de ces fractions. Bien plus, si on élimine d'un sérum le précipité se formant à pH 7,7, puis qu'on prépare les albumines cristallissant à pH 4,8 suivant Hewitt [5], on peut faire cristalliser à pH 7,7 ces albumines sous forme de fines aiguilles analogues à celles obtenues déjà à ce pH, dans les eaux-mères des globulines.

---

[2] Hewitt, *Biochem. J.*, **31**, 1937, p. 360.

[3] L'albumine cristallisée contient encore des lipides après huit cristallisations (Grabar, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1094).

[4] Les eaux-mères de ces cristallisations en milieu acide ne renferment plus de protéides précipitables par l'acide trichloracétique.

[5] *Biochem. J.*, **32**, 1938, p. 26. Albuminoïdes dépourvues de globoglycoïde.

La forme des cristaux obtenus à pH 7,7 et leur solubilité rapprochent cette substance du globoglycoïde. Elle s'en distingue par sa faible teneur en glucides, mais, d'après Rimington (⁶), le globoglycoïde ne renfermerait plus de glucides après trois cristallisations. D'autre part, comme dans le cas de cristaux formés à pH 7,7 dans les eaux-mères des globulines, Rimington voit s'évanouir le globoglycoïde par une série de cristallisations successives, tandis qu'il fait cristalliser à pH 4,8 des albumines dans chacune des eaux-mères du globoglycoïde. Ici encore, le phénomène est réversible.

Il semble donc légitime de conclure de l'ensemble de ces faits que la fraction que nous avons obtenue à pH 7,7, le globoglycoïde et les albumines ordinaires sont un seul et même protéide : la sérum-albumine. En résumé, on peut faire cristalliser la sérum-albumine de Cheval, en présence de sulfate d'ammonium à demi-saturation, en milieu neutre ou alcalin. Elle ne diffère de l'albumine obtenue à pH 4,8 que par sa forme cristalline et sa solubilité. La plus simple explication de ce fait est d'admettre qu'en milieu alcalin on obtient un albuminate d'ammonium, tandis qu'en milieu acide on obtient un sulfate d'albumine (Sörensen).

BACTÉRIOLOGIE. — *Un bactériophage lysant certaines Mycobactéries.* Note de MM. Paul Hauduroy et Willy Rosset, présentée par M. Joseph Magrou.

Quelques grammes de terre de jardin ont été mis à macérer dans du bouillon stérile à 37° C. Après 48 heures nous avons filtré le mélange sur bougie Chamberland L 3 et $0^{cm^3},5$ du filtrat ont été ajoutés à 5^{cm^3} de bouillon ordinaire ensemencé ensuite avec différentes souches de Mycobactéries (bacilles paratuberculeux).

Après trois jours à l'étuve à 37° on a observé une légère différence d'intensité entre les cultures témoins et certaines des cultures auxquelles on avait ajouté le filtrat. Ces dernières ont été filtrées à nouveau et les filtrats mis en présence des mêmes souches de Mycobactéries. En répétant trois ou quatre fois cette opération nous avons obtenu une inhibition complète de la croissance de certains de ces germes.

Le principe que nous avons isolé est un bactériophage. Son action en effet se poursuit en série, et augmente d'intensité au fur et à mesure des passages.

A l'heure actuelle, ajouté à la dilution de 10^{-10} à une culture fraîchement ensemencée de germes sensibles, ce principe inhibe totalement leur croissance. Ajouté à une culture bien développée des mêmes germes, il ne produit aucune lyse, mais si l'on étale le mélange sur un milieu solide, on observe soit l'apparition de plages claires typiques, soit l'absence de toute culture.

(⁶) Rimington et van den Ende, *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 941.

Nous avons soumis à l'action de ce bactériophage, 70 souches de bacilles paratuberculeux d'origines très diverses, tous parfaitement acido-alcoolo-résistants, appartenant au Centre de Collection de Lausanne. 14 sont totalement inhibées dans leur croissance, 8 partiellement inhibées, 50 sont résistantes.

Les bacilles tuberculeux authentiques mis en présence du bactériophage (16 du type humain, 2 du type aviaire) ne se sont pas montrés sensibles à son action, même après des passages répétés. Il est également inactif sur des germes des genres suivants : *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*.

Ce bactériophage résiste à un chauffage à 60°C. pendant une heure, est détruit après 10 minutes à 70°C. ou 5 minutes à 80°C. Son action s'exerce parfaitement en bouillon ordinaire, en milieu de Youmans et sur les milieux solides. Elle ne se produit pas en milieu de Dubos ni en milieu gélatiné.

TOXICOLOGIE. — *Sur un produit de condensation entre le sulfure de β.β'-dichloréthyle (ypérite) et le sulfure de β.β'-dihydroxyéthyle (thiodiglycol), présentant les réactions de précipitation des alcaloïdes.* Note (*) de M. **René Truhaut**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ce travail a pour origine la constatation de certaines réactions analytiques de l'eau ypéritée. Si l'on excepte certains réactifs particuliers, tels que le chlorure d'or, le réactif à l'iodure cuivreux de Grignard et le réactif iodo-platinique de Desgrez et Labat, les réactifs généraux des alcaloïdes (R. de Dragendorff, R. de Valser-Mayer, R. de Marmé, etc.) ne précipitent pas l'eau ypéritée fraîche; les mêmes réactifs précipitent en revanche l'eau ypéritée ancienne. Étant donné que, au contact de l'eau à froid, l'ypérite est lentement hydrolysée en acide chlorhydrique et thiodiglycol, on pouvait penser que la formation de ce dernier était responsable des réactions observées. Mais la solution aqueuse de thiodiglycol ne précipite pas par les réactifs ci-dessus. Dans ces conditions, il faut admettre la formation d'autres produits au cours de l'hydrolyse. L'hypothèse qui se présente à l'esprit est l'existence d'une ou plusieurs réactions secondaires entre l'ypérite et le thiodiglycol formé par hydrolyse. Il est en effet classique que les sulfures d'alcoyles ou thioéthers, à la série desquels appartient le thiodiglycol, se condensent, molécule à molécule, avec les alcoyhalogènes, grâce aux deux doublets libres de leur atome de soufre, pour donner des sels de sulfonium. L'ypérite portant deux chaînes β chloréthyle, il y a possibilité de condensation entre une molécule de ce dérivé et deux molécules de thiodiglycol.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mis en contact à volumes égaux, dans un tube à essais, de l'ypérite pure (PE : 103° sous 15mm) et du thiodiglycol bidistillé (PE : 142-143° sous 2mm). La miscibilité n'était pas complète, même après agitation, et une couche d'ypérite représentant environ le quart du volume total surnageait un liquide plus épais, mélange d'ypérite et de thiodiglycol. Au bout de quelques jours, il s'était déposé à la partie inférieure du tube un produit dense et visqueux dont la proportion augmenta peu à peu pour finalement occuper, après une dizaine de jours, tout l'espace primitivement tenu par le mélange ypérite-thiodiglycol. Au bout d'un mois environ, le produit visqueux abandonné en lieu frais, commença à se solidifier sous forme d'une masse laissant voir des formations cristallines. Nous l'avons débarrassé de l'ypérite en excès par épuisement à l'éther où il est insoluble. En le reprenant ensuite plusieurs fois par l'alcool absolu et en le soumettant au refroidissement, nous avons pu l'obtenir sous forme cristallisée : aiguilles aplaties réunies en touffes, commençant à suinter aux environs de 90° et présentant la fusion instantanée totale à 101-102°. Ces cristaux sont hygroscopiques et possèdent une forte odeur alliacée. Ils sont très solubles dans l'eau en donnant une solution neutre au tournesol précipitant par les réactifs généraux des alcaloïdes : R. de Dragendorff, de Valser-Mayer, de Marmé, sel de Reinecke, chlorure mercurique, chlorure de platine, chlorure d'or, acide picrique, etc.

Ils sont insolubles dans les solvants organiques usuels, sauf l'alcool et, à un degré moindre, l'acétone.

Analyse. — Trouvé %, C 35,41; H 7,04; S 23,75; Cl total 17,46; Cl ionisable 17,5. Calculé pour $C_{12}H_{28}O_4S_3Cl_2$: C 35,73; H 6,95; S 23,8; Cl total 17,62.

L'analyse cadre donc avec une formule résultant de la condensation d'une molécule d'ypérite et de deux molécules de thiodiglycol :

Un tel composé a été déjà décrit sommairement par J. S. H. Davies et A. E. Oxford (1) qui l'ont obtenu par chauffage à 65-75° de l'ypérite avec un excès de thiodiglycol.

Comme le chlore y est entièrement ionisé, on peut admettre la constitution suivante qui en fait un chlorure de sulfonium et plus précisément un bichlorure de tétra (β.-hydroxy-éthyl) éthylthioéthyldisulfonium :

$$\left[\begin{matrix}(HO.CH_2.CH_2)_2S\ldots CH_2.CH_2 \\ (HO.CH_2.CH_2)_2S\ldots CH_2.CH_2\end{matrix}\!\!>\!S\right]^{++} Cl_2$$

Il n'est pas étonnant qu'un tel dérivé puisse, par analogie avec les composés de l'ammonium, précipiter par les réactifs généraux des alcaloïdes. Il est

(1) *J. Chem. Soc.* (London), 134, 1931, p. 224-236.

probable qu'il se forme en plus ou en moins grande quantité, lors de l'hydrolyse de l'ypérite, permettant ainsi d'expliquer les réactions analytiques que nous avons observées sur l'eau ypéritée.

Par ailleurs, les recherches que nous avons en cours nous permettent de penser qu'il possède des actions physiologiques et toxicologiques d'un grand intérêt.

PATHOLOGIE. — *Trois cas de métaplasie osseuse du chorion cytogène de l'endomètre utérin. Aperçus pathogéniques.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq, Pierre Feyel** et **Anton Sluczewski**, transmise par M. Léon Binet.

L'observation I qui nous est personnelle est, croyons-nous, la première connue en France, et peut-être, sous toutes réserves, à l'étranger. Depuis, le professeur P. Mocquot a mis généreusement à notre disposition deux nouveaux cas.

Observation I (personnelle). — Femme de 30 ans, qui présentait des lésions scléro-kystiques des deux seins et qui avait été traitée longtemps et sans succès par la testostérone. Le 1er juillet 1946, au 29e jour du cycle, nous avons pratiqué, pour exploration cyto-hormonale, une biopsie de l'endomètre et découvert une véritable *métaplasie osseuse du chorion cytogène* : entre les tubes glandulaires on voyait des travées d'une substance anhiste prenant faiblement le rouge de la coloration de Van Gieson. Ces travées dessinaient un réseau à larges mailles, dans lesquelles les cellules du chorion présentaient, en certains points, l'aspect d'*ostéoblastes*, tandis que la substance anhiste aurait la signification d'une *substance pré-osseuse*. En d'autres points existaient de véritables lamelles osseuses avec des ostéoplastes contenant des ostéoblastes différenciés. Les travées osseuses limitaient des aréoles remplies de cellules constituant une véritable *moelle osseuse*.

Une seconde biopsie, faite quatre mois plus tard, au 27e jour du cycle, ne montrait aucune image semblable, mais, en certains points, une *persistance de l'image folliculinique* avec absence de lutéinisation.

Observation II (P. Mocquot). — Femme de 37 ans; ménorragies depuis plusieurs années. Deux curettages, l'un en 1932, le second au début de 1947. Une *hystérographie*, en août 1947, montre une lacune irrégulière et persistante sur le bord droit de l'utérus. Un nouveau curettage, le 20 février 1948, ramène au niveau de la lacune un fragment de tissu assez volumineux, contenant des débris osseux, puis une ou deux lamelles osseuses du fond de l'utérus.

Examen histologique (P. Feyel). — Lamelles d'os spongieux, dont les espaces

(*) Séance du 27 octobre 1948.

médullaires sont occupés par des nappes hémorragiques. Hyperplasie glandulaire de l'endomètre. Stroma présentant l'aspect d'un tissu conjonctif jeune.

Observation III (P. Mocquot). — Femme de 48 ans. Le 26 avril 1948, hystérectomie subtotale pour fibrome utérin et kyste pelvien. Conservation des annexes droites.

Examen de la pièce opératoire. — Dans la cavité utérine, on voit, enchâssée dans la muqueuse, une petite lamelle osseuse, comme une écaille. Dans le myomètre, plusieurs noyaux de fibro-myone. Le kyste pelvien était un kyste du parovaire.

La malade présentait en outre un petit kyste du sein, qui fut ponctionné.

Examen histologique (P. Feyel). — Forte hyperplasie glandulaire folliculinique à évolution kystique, avec, en surface, une petite lamelle osseuse, formée aux dépens du chorion. En outre, des kystes endométriaux.

Faut-il, dans l'observation II, incriminer les deux curettages qui ont précédé la découverte de la métaplasie, et accepter ainsi le rôle d'un *facteur traumatique*, par analogie avec ce qui se passe pour les ostéomes traumatiques ? Hypothèse plausible, mais sans preuve, étant donné l'opposition entre le caractère exceptionnel du fait et la fréquence des curettages.

Le *traitement prolongé par l'hormone mâle* serait-il à l'origine de l'ossification du chorion cytogène dans l'observation I ? Nous ne le pensons pas. Les recherches expérimentales faites sur l'animal par de nombreux auteurs, les recherches cyto-hormonales en clinique de l'un de nous (A. Sluczewski) ne permettent pas d'accorder une action déterminante à la testostérone dans la genèse de ces métaplasies osseuses.

Étant donné la constatation frappante chez ces trois malades d'une image hyperplasique de l'endomètre, qui forme comme un lien entre elles, il est logique de chercher si *l'action prolongée ou persistante de la folliculine* ne pourrait pas être à l'origine de la métaplasie osseuse. Depuis 1937, l'attention de nombreux expérimentateurs, tant à l'Étranger qu'en France, a été attirée vers le problème des relations entre la folliculine et l'ostéogénèse. Or, tous ces travaux démontrent expérimentalement l'action de la folliculine sur l'ostéogénèse. Ajoutons que nos observations cliniques concordent, à ce point de vue, avec celles des auteurs américains, qui concluent à des rapports étroits entre certaines manifestations osseuses et une insuffisance ovarienne de la ménopause, par défaut de stimulation des ostéoblastes.

Tout récemment Atkinson, Engle et Hart ont découvert la *phosphatase* au niveau de l'endomètre et montré que chez les femelles de Singe, traitées par les œstrogènes, on trouve cette enzyme principalement au cours de la phase sécrétoire, donc au cours de la phase folliculinique.

Sommes-nous en conséquence autorisés à faire l'hypothèse qu'il s'agit,

chez nos trois malades, non seulement de l'action prolongée de la folliculine, mais de l'action prolongée de cette hormone en présence de l'activité anormalement prolongée de la phosphatase? L'explication est plausible, mais insuffisante, vu la rareté des faits opposée à la fréquence de la persistance de l'image folliculinique.

Il faut chercher plus loin. F. Albrigt pense que l'édification de la substance ostéoïde est due à l'activité des ostéoblastes, activité elle-même sous la dépendance du métabolisme des protéides, sans doute par une action hormonale complexe et encore obscure. Benoit et Clavert parlent d'une *réceptivité locale et spéciale*, et Albrigt d'un *facteur local* nécessaire à l'édification d'un tissu ossifié. Pour nous, l'existence hypothétique de ce facteur ou de cette réceptivité ne serait que la conséquence de troubles profonds de l'isoionie et de l'isotonie du milieu, résultant de la rupture des corrélations interhormonales, surtout entre l'hypophyse (action stimulante sur l'ovaire), la cortico-surrénale (avec ses hormones métaboliques et ostéogénétiques) et les ovaires (action prolongée de la folliculine sur l'endomètre). Mais ce n'est pour l'heure, qu'une raison de chercher.

PHYSIQUE MÉDICALE. — *Action des ultrasons sur le bacille de la coqueluche.* Note de (*) M. **Henri Violle**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Le bacille de Bordet et Gengou est un microbe facilement destructible. L'emploi des ultrasons ([1]) donne, dans ce sens, des résultats intéressants. Des suspensions de ces microbes (de l'ordre de 2 à 4 milliards par $^{cm^3}$), en eau physiologique, ont été traitées ([2]) par un générateur donnant une fréquence de 960 kilocycles-seconde (longueur d'onde, $1^{m},8$), avec une intensité de 800 milliampères appliqués au quartz. Ces microbes, contenus dans des tubes à essai scellés, à fond aminci au maximum afin d'entraver au minimum le passage des ondes ultrasonores, se désagrègent progressivement. La turbidité du milieu s'atténue, sa viscosité diminue; de ce fait la cavitation s'accentuant, la vaporisation s'étend sur toute la hauteur. Après une demi-heure à trois quarts d'heure, on peut arrêter l'expérience; le tube ne présente plus d'ondes moirées mais une opalescence de plus en plus légère. Au microscope, les bactéries

---

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) Pour la description de l'appareil générateur des ultrasons et le mode d'irradiation des microbes : *Action lytique des ultrasons sur le bacille de la coqueluche* (*Soc. de Biologie*, n[os] 21-22, p. 1091).

([2]) Ces irradiations ont été faites au *Centre des Recherches Scientifiques* de Marseille : Directeur, M. Canac, au Laboratoire des ultrasons; Chef de Laboratoire, M. Lemière; Préparateur, M. Levasseur, par ces physiciens qui ont mis au point une technique remarquable.

apparaissent très modifiées; en dehors de rares éléments ayant conservé leur aspect primitif, le tout n'est que fragment de microbes aux formes indéterminées, ne se colorant que faiblement, que corpuscules plus ou moins fins.

Les rétrocultures sont négatives, les éléments ayant perdu leur vitalité sous les effets combinés mécaniques, physiques et chimiques des radiations; agitation de la masse, oxydation par suite du dégazage de l'eau, pression intramoléculaire et élévation de la masse en certains points considérable (la moyenne de la masse liquide ne dépassant pas 30° au cours de l'expérience).

Dans quelques cas, quelques germes résistants donnent lieu à des rétrocultures mais très retardées.

Cependant, à ce stade de désintégration, qui n'est pas le plus avancé qu'il soit possible d'atteindre, les propriétés agglutinogènes du microbe sont conservées, renfermées dans ces particules et se manifestent en présence du sérum spécifique correspondant. Le taux d'agglutination est en effet égal à celui de la suspension microbienne témoin.

Ce phénomène apparaît plus rapidement par suite, semble-t-il, de la surface plus grande que représentent les corpuscules microbiens à l'action du sérum.

Ainsi, par les ultra-sons, on détermine une action de brisure, de fragmentation de morcellement, qui, très poussée, constitue une sorte de pulvérisation des corps microbiens pouvant aboutir à la lyse sans s'y identifier intégralement, car ce dernier phénomène représente une fonte, une dissolution totale du bacille. C'est donc une clasie et non une lyse que donnent primitivement les ultra-sons; mais cette clasie est plus ou moins parachevée par de la lyse *in vitro* et *in vivo* qu'elle précède et qu'elle favorise. Ainsi elle constitue une prélyse ou antélyse; elle libère finalement les éléments du microbe avec leurs propriétés spécifiques et en conserve le substratum très réséqué, et de ce fait, facilement résorbable.

Il y a donc là, sous l'action des ultrasons, l'apparition d'états intermédiaires entre l'intégrité du corps microbien et sa fonte totale.

Dans quelques cas, lorsque le temps d'action est prolongé (2 heures), on ne constate pas, pendant la deuxième heure, une modification plus poussée de la destruction des éléments microbiens, mais ces derniers, qui, jusqu'alors, constituaient une suspension très homogène et très stable floculent et se précipitent.

Ces substances inoculées à des rats blancs, par voie intra-péritonéale, peuvent provoquer la mort de l'animal en 12 ou 18 heures.

Injectées à doses mortelles, par cette même voie, à des cobayes, elles déterminent des lésions caractéristiques : congestion des surfaces péritonéales et intestinales (avec pétéchies) et des lésions pulmonaires très prononcées. A dose plus faible, l'animal réagit encore et présente de l'amaigrissement. Il reprend son poids primitif après une douzaine de jours. Le sang, à ce moment, après une seule injection, contient des agglutinines au taux de 1 % ; indiquant que ces corps sont antigéniques.

Dans ces expériences, cette destruction s'est faite sur le microbe vivant et normal. Si l'on fait agir les ondes ultrasonores sur le microbe chauffé une heure à 56°, ou mis en contact avec une solution de formol du commerce à 5 pour 1000, ou en présence de sérum spécifique agglutinant, ou de ces deux facteurs réunis, les agglutinations se forment comme dans les cas normaux, mais la destruction ne se fait plus, ou du moins que très partiellement et que très lentement sur ces microbes rendus plus résistants.

Les ultrasons agissent au maximum sur des suspensions microbiennes légères en eau distillée La densité ou la viscosité du liquide (bouillon, glycérine, sérum, sucre, sels, concentration bactérienne, etc.) sont des facteurs qui entravent son action.

Le sérum agglutinant, seul, traité par les ultrasons n'est pas dans les conditions où nous opérions, altéré et ne perd pas de ses propriétés agglutinantes. Sa viscosité a tendance à diminuer.

La séance est levée à 16h30m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur PIERRE-ERNEST PINOY (1873-1948), par M. LOUIS BLARINGHEM.

PIERRE-ERNEST PINOY, Correspondant de l'Académie pour la Section de Botanique depuis le 4 novembre 1946, était né à Paris le 3 février 1873. Élève du Lycée Charlemagne, puis de la Sorbonne, il fut licencié ès Sciences physiques à vingt ans, licencié ès Sciences naturelles à vingt et un an, brillants succès qui n'ont altéré ni sa modestie ni sa vocation humanitaire. Docteur en Médecine en 1899, il était, dès 1897, préparateur du Professeur Cornil, chargé de l'enseignement de l'anatomie pathologique à la Faculté de Médecine, puis en 1901, du Professeur Borrel à l'Institut Pasteur. Borrel avait apprécié sa thèse sur *La glande sous-maxillaire et la tuberculose* et encourageait les recherches de Pinoy sur la biologie des bactéries; il lui confia l'enseignement de la Mycologie du Cours de Microbiologie générale enseigné dans cet Établissement. En bref, avant la trentième année, Ernest Pinoy physicien, chimiste, biologiste, était, par ses enseignements pratiques de l'anatomie humaine, de la bactériologie et de la cryptogamie, préparé mieux que quiconque pour exposer, pour mettre au point dans une Thèse de doctorat ès Sciences (1907), le sujet qui occupe toute sa carrière de savant, *Les Associations bactériennes chez les Myxomycètes et chez les Myxobactéries*. En 1937, il en présente un aperçu sommaire, avec préparations microscopiques et figures coloriées à l'Exposition internationale de Paris et un résumé dans l'opuscule *Symbiose et Parasitisme*, l'œuvre de Noël Bernard, édité par le Palais de la Découverte et par Masson.

Il s'agit d'un groupe de plantes, classé dans les Champignons, parce qu'à de rares phases de leur dissémination il apparaît des traces de cellulose, plutôt Protozoaires par la mobilité des Myxamibes, qui réalisent par leurs agrégats et

leur alimentation une extrême variété des formes, des couleurs, des modes de croissance, de parasitisme, de propagation. Les Myxomycètes constituent un matériel de choix pour l'étude de la chimie et de la physiologie cellulaire, et aussi le plus favorable pour imposer aux naturalistes et aux médecins des précautions spéciales dans la définition des espèces, dans le diagnostic des phases primaires des maladies.

Pinoy examine sur le vif cette morphologie oscillante, avec des infections atténuées ou virulentes et démontre qu'elle est le résultat d'un complexe biologique qui oblige, pour tous les cas connus, les Myxomycètes à vivre en parasites sur des colonies microbiennes en voie de développement, sélectionnées par le Champignon qui les transplante avec lui.

Qu'il s'agisse du mucus qui enveloppe les spores des Acrasiées, des réserves des jeunes sporanges d'Endosporées, des cellules de la racine du Chou devenue monstrueuse, avec hernie de la taille d'un poing, par l'attaque du *Plasmodiophora*, dans tous les cas connus, le Myxomycète ne se développe que s'il est associé à une ou plusieurs espèces de Bactéries dont il digère les colonies ou les tissus désagrégés par elles.

Cette démonstration débute en 1903, par intuition chez Gaston Bonnier; elle exige le matériel, les microscopes, les techniques de l'Institut Pasteur, celles du Professeur A. Borrel, le spécialiste des tumeurs; Pinoy prend pour confidents discrets Émile Roux et Élie Metchnikoff, pour contrôleur Louis Matruchot et c'est chez Matruchot, au laboratoire de la Nature, à l'École Normale, que je rencontre Pinoy et apprends de son juge la haute signification des démonstrations rigoureuses présentées presque anonymes dans la Thèse de doctorat ès sciences soutenue en juin 1907 à la Sorbonne sous le titre *Rôle des Bactéries dans le développement de certains Myxomycètes*, 49 pages de texte, 4 planches dont 2 coloriées, modèle d'un Manuel condensé de Microtechnique.

Peut-on obtenir un léger développement du *Dictyostelium mucoroides* sans Bactéries? Non, la démonstration est formelle et contredit les affirmations de Nadson, de Potts; Pinoy utilise pour l'établir le *mucilage de* 50^g *de graines* de lin par litre d'eau *stérilisé à* 115° *pendant un quart d'heure*. Tout le texte a cette précision délicate et définitive. Les planches coloriées sont les preuves : « figure 3, *b*, myxamibe de *D. mucoroides* provenant d'une division; les deux chromosomes ne sont pas encore séparés : grossissement : 1200 ». Pinoy donne ensuite au grossissement 900 tous les détails en 30 phases de la croissance du complexe *D. mucoroides* et *Bacillus fluorescens*; il décrit les mouvements des amibes, les pulsations de la vacuole digestive, notée ailleurs par le physicien Henri Mouton (1902); parfois il n'y a qu'une seule bactérie dans la vacuole.

A Matruchot (1899) il emprunte la coloration du protoplasme de l'hôte par le pigment de la bactérie; il démontre ainsi que les spores pures du *D. purpureum* ne germent que si on leur adjoint la Bactérie convenable; il extrait la diastase qui dissout les Bactéries tuées par le chloroforme, est sans action sur l'albumine,

sur le corps même de la Bactérie tuée par la chaleur... De cette accumulation de preuves il conclut dès 1907 et confirme en 1937 que les Myxomycètes sont parasites des colonies bactériennes; que les pigments des bactéries chromogènes sont des produits de digestion, colorants vitaux dont il utilise les réactions pour préciser le mécanisme des phases cytologiques du développement et de l'appareil sporifère des Acrasiées; il note les affinités, l'identité probable de deux espèces; il constate parfois des mosaïques qui fournissent l'image précise de ce qu'on cherche à découvrir dans la ségrégation des infiniment petits, gènes supports des caractères héréditaires.

Les maladies, Pourriture de la Pomme de terre, Hernie du Chou ne sont en réalité que le résultat de l'introduction dans leurs tissus par le Myxomycète de ces Bactéries dissolvantes dont les déchets servent à la nourriture du Myxomycète prétendu parasite. Quels horizons ouverts, dès 1907, pour la systématique et surtout pour la pathologie générale?

Je ne puis passer sous silence la démonstration que Pinoy donne (*Thèse*, 1907, p. 41) de l'hétérothallisme de certains Champignons, établie plus tard par notre confrère P. A. Dangeard, par Louis Matruchot et ses élèves, notée par Pinoy à cause de la stérilité des sclérotes *épurés* du Myxomycète *Didymium* : « il y a lieu de se demander si, pour la fructification, il n'est pas nécessaire qu'il y ait une conjugaison préalable de deux plasmodes de signes différents (+ et —), de même qu'il faut deux thalles différents chez certaines Mucorinées (Blakeslee A. F., 1904) ».

Les Myxobactéries, groupe isolé par Thaxter en 1892, sont remarquables par les formes très différentiées de leurs colonies. Pinoy a montré en 1913 que pour obtenir le développement complet du *Chondromyces crocatus* l'association avec *Micrococcus luteus* est nécessaire et il l'a obtenu en cultures pures. Pour lui, la Bactérie des Légumineuses avec formes en Y doit être placée dans ce groupe. Avec des bactéries étrangères les développements anormaux fournissent des mutations.

Je n'insisterai pas ici sur les communications à l'Académie, dans le *Bulletin de l'Institut Pasteur*, aux *Annales de Dermatologie* et autres publications sur des études d'intérêt médical et leurs applications. Elles dérivent toutes d'intuitions apparentes dans la Thèse de 1907, esquisse de ces concepts marqués d'une forte originalité.

Ces programmes de recherches ont été bouleversés par la guerre 1914-18. Libre, en raison de sa santé, il contracte un engagement volontaire, est affecté aux troupes marocaines, reçoit la croix de la Légion d'Honneur à ce titre. Il se fixe à Alger, Maître de conférences, Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences, de Parasitologie et de Microbiologie à la Faculté de Médecine; il y continue ses recherches avec M. Marchal à l'aide du micromanipulateur. Notre confrère M. J. Magrou lui donne, à la retraite, asile à son Laboratoire et dans la Notice qu'il lui consacre à la Société française de Microbiologie,

m'apprend qu'il fut deux fois Lauréat de l'Institut, Président de la Société Mycologique de France de 1914 à 1917. En 1919, le célèbre mycologue Roland Thaxter, de l'Université Harvard, me fit un éloge sans réserve des travaux de E. Pinoy, auxquels il avait collaboré.

Ernest Pinoy était plus que modeste, je n'ose pas dire timide car je l'ai connu enthousiaste, mais concentré dans son travail de biologiste précurseur, artiste à ses heures de détente intellectuelle ou physique. Sa thèse de Doctorat ès Sciences, seul mémoire que j'analyse ici et trop peu répandu, mérite, au même titre que celle de Raulin préparateur de Louis Pasteur, d'être dans toutes les bibliothèques, pour l'illustration de la science française.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *L'ordre de nullité métrique des ensembles parfaits minces*. Note de M. **Arnaud Denjoy**.

La question des ensembles de valeurs prises par des fonctions linéaires $\Sigma\alpha_i x_i$ de variables x_i décrivant des ensembles parfaits P_i totalement discontinus a fait dernièrement l'objet de très intéressantes Notes de M. Émile Borel (1). Elles m'ont rappelé d'anciennes recherches poursuivies au temps où j'étais occupé à calculer les coefficients des séries trigonométriques par la détermination de la primitive seconde $F(x)$ d'une dérivée seconde généralisée riemannienne $F''_R(x)$. Peut-être m'excusera-t-on d'évoquer ces travaux. J'avais besoin de trouver des conditions d'existence de la dérivée première exacte $F'(x)$ sur un ensemble parfait P (éventuellement diminué d'un ensemble non dense sur lui). Je constatai que cette condition est remplie par tout ensemble parfait P jouissant de la propriété suivante, notée ci-après (H) :

x, (*inférieur à* y), *et* y *décrivant* P, *l'ensemble* $y-x$ *est un segment.*

(Par des transformations $\alpha+\beta x_i$ opérées sur les P_i, les problèmes de M. Borel équivalent à celui des ensembles de distances mutuelles entre points de divers ensembles parfaits.)

Il y a 28 ans, en 1920 (2), je montrai que la propriété (H) appartient à tout ensemble parfait présentant ce caractère (A) : u et v étant deux contigus quelconques à P, séparés par un segment σ (dit plus tard : *isolant de* P), σ est au

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 103-105 et p. 453-455.

(2) *Sur une classe d'ensembles parfaits discontinus en relation avec les fonctions admettant une dérivée seconde généralisée* [*Comptes rendus du Congrès international des Mathématiciens* (Strasbourg, sept. 1920), publiés par H. Villat, Toulouse, Privat, 1921, p. 189-198].

Les mêmes résultats ont fait l'objet de trois Notes aux *Atti della R. Accademia dei Lincei*, (29, 2e semestre 1920, p. 291-294, 316-318, 350-353).

Voir également à ce sujet : Sophie Piccard, *Sur des ensembles parfaits* (Paris, 1942, p. 8, en note). En 1923, Mirimanoff retrouva (*Fundamenta Math.*, iv, p. 118-121, et complément p. 122-123) la propriété (H) des ensembles parfaits présentant le caractère (A).

moins égal au plus petit de u et de v. J'ai depuis appelé *coefficient d'isolement de* σ et noté $\lambda(\sigma)$ le plus petit des nombres u/σ et v/σ [3]. *Le caractère* (A) *est* $\lambda(\sigma) \leqq 1$ *pour tout* σ. Je prouvais également que si deux ensembles P et P′ possèdent le caractère (A), l'ensemble $\alpha x + \beta y$, x décrivant P, et y décrivant P′, est composé d'un nombre fini de segments.

L'ensemble parfait P_0 de Cantor réalise au minimum le caractère (A). Soient $x = \Sigma(2a_n/3^n)$, $y = \Sigma(2b_n/3^n)$ (a_n et $b_n = 0$ ou 1, $n \geqq 1$); $1 - x$ décrit aussi P_0. Les ensembles $x + y$ et $y - x$ sont égaux. Or $z = (x + y)/2$ décrit $(0, 1)$. Car si $c_n = a_n + b_n$, c_n prend indifféremment les valeurs 0, 1, 2.

Soit $P_0(d)$ le symétrique de P_0 par rapport à un point d du segment $(0, 1)$. Selon que d est : 1° de seconde espèce sur P_0, 2° de première espèce sur P_0, 3° étranger à P_0 et triadique ($k/3^m$) avec p chiffres 1 au plus dans le système ternaire, 4° étranger à P_0 et non triadique : P_0 et $P_0(d)$ ont respectivement en commun : 1° le seul point d, 2° d et un seul couple de points, 3° 2^{p-1} couples de points, 4° un ensemble parfait.

Je possédais la propriété (H) de P_0 depuis 1913. En 1912, à propos de la convergence absolue des séries trigonométriques, toujours à la source de mes recherches sur ces sujets, j'avais montré que, si E est épais, $2x - y$ (et par le même raisonnement $\alpha x + \beta y$) renferme un segment (*Comptes rendus*, 155, 1912, p. 135).

En 1928 j'obtins enfin le caractère général (B), défini plus loin, des ensembles parfaits possédant la propriété (H). Je ne publiai pas ce résultat. D'une part, j'estimais ne pas en avoir suffisamment élucidé la portée. D'autre part, la découverte des formules (III) et (IV) de mes *Leçons sur le Calcul*, etc. (n° 57, p. 237-242) me fournissait un théorème d'existence de $F'(x)$ (n° 62, p. 257) où la propriété (H) ne jouait plus aucun rôle, mais seulement la condition : $\lambda(\sigma)$ borné. La totalisation que j'avais définie en 1921 pour les dérivées secondes généralisées s'en trouva extrêmement simplifiée. La propriété (H) et les propositions connexes n'avaient plus pour moi la même importance. J'abandonnai leur étude, non sans avoir souhaité revenir un jour à cet intéressant sujet.

Si μ est le maximum des $\lambda(\sigma)$, $1/(1 + \mu)$ est, selon la terminologie de M. Borel, la *raréfaction* R de l'ensemble, mais définie indépendamment de toute énumération des contigus a_n de P (*voir* la dernière Note de M. Borel). Les ensembles numériques conduisant à R et à μ se constituent solidairement si M. Borel se borne à noter les rapports $b_n/(b_n + a_n)$ pour lesquels a_n borde le segment isolant minimum b_n, et si je considère uniquement les segments isolants σ ne renfermant que des contigus plus petits que u et v bordant σ.

Définissons le caractère (B). a et b étant les extrémités de P, u et v les intervalles semi-contigus bordant P (l'un au moins égal à $b - a = l$, l'autre au plus égal à l, mais au moins égal à tout contigu à P), soient $2(n - 1)$ contigus

---

[3] *Leçons sur le calcul des coefficients des séries trigonométriques* (Paris, 1941, p. 95 et 112). L'étude des propriétés des ensembles parfaits en relation avec les coefficients d'isolement occupe les pages 108 à 126 de ce Livre.

$i_p(a_p < x < b_p, p = 2, \ldots, 2n-1)$, distincts ou non. Posons $i_1 \equiv u(b_1 = a)$, $i_{2n} \equiv v(a_{2n} = b)$. Les i_p sont soumis aux conditions géométriques suivantes :

1° *la suite i_{2p-1} et la suite i_{2p} sont*, chacune des deux, *composées d'intervalles distincts, progressant de a vers b* (de la gauche vers la droite);

2° i_{2p+1} $(1 \leqq p \leqq n-1)$ *est à gauche de i_{2p} ou* $(p < n-1)$ *coïncide avec i_{2p}*.

i_{2p} est compris entre i_{2p-1} et i_{2p+2}, mais peut coïncider avec un des $i_{2p+2k+1}$ $(k \geqq 0)$; i_{2p+1} est entre i_{2p-1} et i_{2p+1}, mais $(p < n-1)$ peut coïncider avec un des i_{2p+2k}.

Soit j_p l'intervalle (a_{2p+1}, b_{2p}). Si i_{2p+1} est identique à i_{2p}, j_p coïncide avec eux. Sinon, j_p *réunit i_{2p+1}, i_{2p} et le segment intermédiaire*.

Soit σ_p le segment (b_{2p-1}, a_{2p}) *séparant i_{2p-1} de i_{2p}*.

$$\sigma_1 = (b_1, a_2) \equiv (a, a_2), \qquad j_1 = (a_3, b_2), \qquad \sigma_2 = (b_3, b_4), \qquad j_2 = (a_5, b_4), \ldots$$

Nous dirons que *l'ensemble parfait* P *présente le caractère* (B) *si, quels que soient le nombre et le choix des intervalles i_p* (disposés comme il est dit plus haut), *le plus grand des segments σ_m est au moins égal au plus petit des intervalles j_r*.

Le caractère (B) se conserve par les transformations linéaires $\alpha + \beta x$, β étant de signe quelconque. Le caractère (B) appartient à l'ensemble parfait Π obtenu par tripartition indéfinie de segments dans les proportions α, α, α^2, l'intervalle médian étant exclu, si $\alpha = \sqrt{2} - 1$. La raréfaction de cet ensemble est $1/(2 + \sqrt{2})$.

Théorème. — *Le caractère* (B) *est la condition nécessaire et suffisante pour que l'ensemble parfait* P *possède la propriété* (H).

La condition est nécessaire. Supposons-la mise en défaut. Il existe une famille d'intervalles i_p vérifiant les conditions géométriques posées et un nombre h tel que $\sigma_m < h < j_r$ (donc $h < l = b - a$) quels que soient $m (\leqq n)$ et $r (\leqq n-1)$. Je dis que $y - x$ ne prend pas la valeur h. Sinon il y aurait sur P au moins *un couple* (c, d) *tel que* $d - c = h$. *Cherchons le couple* (c, d) *situé le plus à gauche possible* [c'est ma méthode de 1920 pour traiter le caractère (A)].

$c \geqq a$. Soit $\beta_2 = a + h$; donc $d \geqq \beta_2$. Or

$$a_2 = a + \sigma_1 < a + h < a + j_1 = a + b_2 - a_3 < b_2.$$

Donc β_2 est dans i_2 et $d \geqq b_2$. Soit $\alpha_3 = b_2 - h$; $c \geqq \alpha_3$. Or

$$a_3 = b_2 - j_1 < b_2 - h < b_2 - \sigma_2 = b_2 - a_4 + b_3 < b_3.$$

Donc α_3 est dans i_3 et $c \geqq b_3$. Nous avons substitué b_3 à $b_1 = a$. Le raisonnement se répète. On finit par trouver $c \geqq b_{2n-1}$ et $d \geqq b_{2n-1} + h > b_{2n-1} + \sigma_n = b$. Le couple (c, d) n'existe pas.

La condition est suffisante. Par hypothèse P possède le caractère (B) et h est un nombre quelconque de l'intervalle $(0, l)$. Cherchons sur P le couple éventuel $(c, d = c + h)$ le plus à gauche. Soit $a + h = \beta_2$. Donc $d \geqq \beta_2$. Si β_2 est sur P, la proposition est établie. Sinon β_2 est dans un contigu que j'appelle i_2 ou $a_2 b_2$; $b_2 < b$ et $d \geqq b_2$. Soit $\alpha_3 = b_2 - h$. Donc $\alpha_3 \leqq c$. Si α_3 est dans P, la proposition est établie. Sinon α_3 est dans un contigu i_3,

$a_3 b_3$ (non nécessairement distinct de i_2, mais sinon à la gauche de i_2) et $c \geqq b_3$. Soit $\beta_4 = b_3 + h$; $d \geqq \beta_4$. Si β_4 n'est pas sur P, β_4 est dans un contigu i_4 ou $a_4 b_4$. On répète le raisonnement.

1° Si les opérations s'arrêtent à un couple (α_{2p+1}, b_{2p}) ou (b_{2p-1}, β_{2p}) tel que α_{2p+1} ou β_{2p} soient sur P, la proposition est établie. De même, si les opérations se poursuivent indéfiniment. α_{2p+1} et β_{2p} sont toujours étrangers à P, β_{2p} est toujours à gauche de b. Les α_{2p+1}, β_{2p} tendent vers un couple (c, d) situé sur P et vérifiant $d = c + h$;

2° Les opérations s'arrêtent à un couple (b_{2n-1}, β_{2n}) avec $\beta_{2n} > b$. Mais cette hypothèse est à rejeter. Car on a formé une famille d'intervalles i_q remplissant les conditions géométriques imposées et d'autre part $h > (b_1, a_2) \equiv (a, a_2)$, $h > (b_3, a_4)$, etc., h surpasse tous les segments σ_1, σ_2, ... D'autre part $h < (a_3, b_2)$, $h < (a_5, b_4)$, etc., h est inférieur aux j_1, j_2. etc. P n'aurait pas le caractère (B).

Un raisonnement analogue donne la condition nécessaire et suffisante pour que les ensembles parfaits P d'extrémité a, b et P' d'extrémités a', b' étant respectivement parcourus par x et par y, l'ensemble y-x soit identique au segment $(a'-b, b'-a)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination de toutes les racines carrées d'un opérateur hermitien borné quelconque* (2e *méthode*). Note (*) de M. **Gaston Julia**.

Soit k un opérateur linéaire hermitien borné quelconque de l'espace hilbertien $\mathcal{H}$. Il est représentable ([1]), d'une seule façon, par $k = k_1 - k_2$, k_1 et k_2 étant des *hermitiens* $\geqq 0$ *orthogonaux* $(h_1 h_2 = 0)$. Si k est $\geqq 0$, on a $k_2 \equiv 0$; si k est $\leqq 0$, on aura $k_1 \equiv 0$. Désignons par r_1 et r_2 les racines carrées hermitiennes $\geqq 0$ uniques de k_1 et k_2. Les sous-espaces sous-tendus par les domaines de valeurs Δ_{k_1} et Δ_{k_2} sont *orthogonaux*; ils sont respectivement identiques aux sous-espaces définis par Δ_{r_1} et Δ_{r_2}, donc $r_1 r_2 = r_2 r_1 = 0$.

1. Soit $Z = h_1 + i h_2$ une solution quelconque, bornée, de $Z^2 = k$. On devra avoir, entre les hermitiens h_1 et h_2, les relations

$$h_1^2 - h_2^2 = k = k_1 - k_2 \tag{1}$$

et

$$h_1 h_2 + h_2 h_1 = 0. \tag{2}$$

Il est clair que $r = r_1 + i r_2$ est une solution de $Z^2 = k$; nous l'appelons *solution principale*. r est *normale* : $rr^* = r^* r = r_1^2 + r_2^2$. On a $Zp.k$ et $Z^*p.k$; donc $h_i p.k$, $(i = 1, 2)$. Si K est l'hermitien $\geqq 0$ tel que $K^2 = k^2$, on sait que $2k_1 = K + k$ et $2k_2 = K - k$; or $Kp.p.k$ donne $k_i p.p.k$ $(i = 1, 2)$; donc on a $h_j p.k_i$ (pour $i, j = 1, 2$). De plus $r_i p.p.k_i$ $(i = 1, 2)$ montre que $r_i p.h_j$

(*) Séance du 3 novembre 1948.

([1]) *Voir* par exemple *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1465-1568, n° 2; p. 707-709; p. 829-832.

(pour $i, j = 1, 2$). Donc $Zp.r_i$ ($i = 1, 2$) et $Zp.r$. De même $Z^*p.r^*$, $Zp.r^*$ et $Z^*p.r$. Dans ces conditions, on aura

$$Z^2 - r^2 = (Z - r)(Z + r) = (Z + r)(Z - r) = 0;$$

par conséquent, ou bien $Z + r \equiv 0$ (et Z se réduit à la solution $-r$), ou bien $Z - r$ *admet pour zéros toutes les valeurs de* $Z + r$, c'est le cas général.

Soit V *le sous-espace formé des zéros de* $Z - r$, et $V' = \mathcal{H} \ominus V$ le sous-espace complémentaire. $r p. Z$ donne $rp.(Z \pm r)$. Donc r *conserve* V, $k = r^2$ conserve V et aussi V' car k est hermitien. Ceci exprime $k p. P_V$; donc $k_i p. P_V$, et $r_i p. p. k_i$ donne $r_i p. P_V$. Donc r_i (hermitien) conserve V et $V' = \mathcal{H} \ominus V$, (pour $i = 1, 2$); donc r *conserve* V *et* V'. Dans V on aura $Z = r + A$, dans V' on aura $Z = -r + A$, A étant un opérateur linéaire borné, tel que $A \equiv 0$ *dans* V $[A(V) = 0]$, et $A(V') \subseteqq V$; A est égal à $Z - r$ dans V et à $Z + r$ dans V'; $Zp. r$ équivaut à $A\ p.\ r$. Il est clair que $A^2 \equiv 0$, car A^2 est nul dans V et dans $V' = \mathcal{H} \ominus V$.

2. *Réciproquement*, soit V un sous-espace *invariant par* k, donc invariant par k_1, k_2, r_1, r_2. $V' = \mathcal{H} \ominus V$ sera, lui aussi, invariant par k_1, k_2, r_1, r_2. V et V' seront invariants par $r = r_1 + ir_2$. Soit Z un opérateur borné tel que : 1° $Zp. r$; 2° $Z - r = 0$ *dans* V; 3° $Z + r$ *transforme* V' *en tout ou partie de* V. On aura $Z^2 - r^2 = (Z - r)(Z + r) = (Z + r)(Z - r) = 0$, car $Z^2 - r^2$ sera nul dans V et V', et Z sera solution de $Z^2 = k$.

La détermination de Z équivaut à celle de tous les opérateurs bornés A tels que : 1° $Ap.r$; 2° $A(V) = 0$; 3° $A(V') \subseteqq V$; Z est alors défini par $Z = r + A$ dans V, $Z = -r + A$ dans V', et $Ap.r$ donnera $Zp.r$. Bornons-nous au cas général, celui où V et V' ont chacun *une infinité de dimensions*. (Lorsque V ou V' a un nombre fini de dimensions l'analyse est analogue mais plus simple). Soit (e_{2p-1}), $(p = 1, 2, \ldots, \infty)$ une base ON de V, et (e_{2p}), $(p = 1, 2, \ldots, \infty)$ une base ON de V'. (e_n), $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ est une base ON de $\mathcal{H}$. Soient ρ et ρ' les matrices des opérateurs *induits par* r *dans* V et V', matrices prises par rapport aux bases (e_{2p-1}) et (e_{2p}); ce sont des matrices *normales*. On déterminera A par les 2 séries de relations $Ae_{2p-1} = 0$ $(p = 1, 2, \ldots, \infty)$ et $Ae_{2p} = \sum_q a_{pq} e_{2q-1}$ $(p = 1, 2, \ldots, \infty)$, $a = \| a_{pq} \|$ étant une matrice bornée. La condition $Ap.r$ se traduit en matrices par $a.\rho = \rho'.a$, qui est la seule relation à laquelle devra satisfaire la matrice a (cette relation pourra n'être satisfaite avec $a \neq 0$, que si V est convenablement choisi, nous y reviendrons ultérieurement). On obtient ainsi toutes les solutions de $Z^2 = k$. On notera que Z ainsi formé conserve V, mais ne conserve pas en général $V' = \mathcal{H} \ominus V$.

Si k est un opérateur hermitien *scalaire*, donc *réel*, et $\neq 0$, r est aussi scalaire (réel si $k > 0$, purement imaginaire si $k < 0$), donc la condition $Ap.r$ n'impose à A aucune restriction et a peut être quelconque, bornée.

Notons aussi que la méthode précédente fournit toutes les solutions bornées

de l'équation $B = B^2$, car, par $2B - 1 = C$, cette équation devient $C^2 = 1$. On sait que les seules solutions *hermitiennes* de $B = B^2$ sont les *projecteurs*, elles correspondent aux seules solutions *hermitiennes* de $C^2 = 1$ qui sont les *symétries*.

3. L'opérateur A, introduit au n° 2, est tel que $A^2 \equiv 0$. C'est l'*opérateur borné nilpotent le plus général*. En effet $A^2X = 0$, pour tout X de $\mathcal{H}$, indique que Δ_A, domaine des valeurs de A, est *intérieur au sous-espace* V *lieu des zéros de* A. Or les valeurs de Δ_A sont acquises, et chacune une seule fois, dans $V' = \mathcal{H} \ominus V$; donc $A(V) = 0$ et $A(V') \subseteqq V$. Par conséquent tout opérateur nilpotent borné est du type introduit au n° 2; on le définira, à partir de deux variétés complémentaires quelconques V (de base ONe_{2p-1}) et V' (de base e_{2p}), par $Ae_{2p-1} = 0$, $Ae_{2p} = \sum_q a_{pq} e_{2q-1}$, où $a = \| a_{pq} \|$ est une matrice bornée quelconque. (Si V ou V' a un nombre fini de dimensions, le problème est plus simple encore.)

4. En partant de la solution générale de $Z^2 = k$ sous la forme donnée au n° 2, on peut retrouver aisément la forme, donnée dans la première méthode [2], qui précise la structure de h_1 et h_2 dans $Z = h_1 + ih_2$.

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur les sondages de l'opinion publique.* Note de M. Émile Borel.

Si l'on a une urne renfermant un très grand nombre de boules, blanches ou noires, et si l'on se propose de connaître approximativement la composition probable de l'urne en y effectuant un certain nombre de tirages, on devra résoudre le problème suivant : déterminer le nombre n de tirages nécessaires, pour que l'on puisse affirmer, avec une probabilité d'erreur inférieure à ε, que l'on commet une erreur inférieure à un nombre donné a, en admettant que le pourcentage des boules blanches dans l'urne est égal au pourcentage observé dans les tirages. Par exemple, on désire ne se tromper qu'une fois sur mille, si l'on affirme que, le pourcentage observé étant 53 %, le pourcentage réel est compris entre 51 % et 55 % (erreur inférieure à 2). La solution de ce problème est aisée [1]; sans entrer dans le détail des calculs, indiquons que pour des probabilités d'erreur ε variant de un vingtième à un millionième et pour une erreur commise dans le pourcentage comprise entre 1 et 3, le nombre n des tirages nécessaires pourra varier entre 1000 et 60 000. On sera donc pratiquement amené à choisir n entre 2000 et 20000. Les résultats précis auxquels on

[2] Voir *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 792.

[1] Observons que la solution rigoureuse suppose une connaissance approximative du pourcentage; si celui-ci est très faible ou très voisin de 100, la solution est notablement modifiée. Nous laissons provisoirement ce cas de côté.

est ainsi conduit par le calcul des probabilités sont des vérités scientifiques indiscutables.

Peut-on étendre ces résultats aux sondages de l'opinion publique, c'est-à-dire remplacer l'urne par une certaine collection d'individus, par exemple les électeurs d'un certain pays, la couleur de la boule étant assimilée à l'opinion de ces individus sur un sujet déterminé, opinion qui s'exprime par oui on non suivant que la boule est blanche ou noire?

Il est évident que, pour que cette assimilation soit possible, deux conditions sont nécessaires et suffisantes : d'une part, la couleur de chaque boule est fixée d'avance et n'est pas modifiée par le tirage; il doit donc en être de même de l'opinion des individus; d'autre part, le tirage donne des chances égales d'être choisie à chaque boule; il faut qu'il en soit ainsi pour les individus.

Cette dernière condition est théoriquement facile à réaliser; il n'y aurait pas de difficulté particulière à connaître le nombre d'électeurs de chaque commune, dans chacune desquelles les électeurs inscrits sont numérotés; il suffirait donc de numéroter les communes pour obtenir un numérotage continu et unique de tous les électeurs; en tirant au sort quatre mille numéros, on choisirait vraiment au hasard quatre mille électeurs.

Il ne semble pas que cette méthode ait jamais été employée; au contraire, les Instituts d'opinion publique paraissent s'efforcer de consulter avec impartialité des personnes diverses choisies, autant que possible au hasard, dans les diverses classes sociales. Or, on sait que l'esprit humain ne peut pas imiter le hasard. On doit en conclure que, plus le choix sera fait avec soin, plus on déploiera d'ingéniosité, plus on aura de chances de s'écarter du choix vraiment fait au hasard, par tirage au sort, qui est le seul dont on puisse affirmer qu'il donnera des résultats certains (à ε près). Il n'est pas douteux qu'il vaut mieux consulter 4000 personnes choisies vraiment au hasard que le même nombre de personnes choisies par un autre mode quelconque.

Reste à résoudre une question psychologique fort délicate; comment être assuré que les personnes consultées seront sincères et feront connaître leur véritable opinion, c'est-à-dire celle qu'elles auraient manifestée en participant au scrutin décisif, organisé par la loi. Il semble que le moins qu'on puisse exiger, c'est que les garanties données par la loi pour le secret du vote soient assurées de la même manière, c'est-à-dire que l'identité de chaque personne appelée à voter soit vérifiée avant qu'elle émette son vote dans l'isoloir. Une autre question est celle des abstentions volontaires, ou dues simplement à la négligence. Il faudrait obtenir, dans les pays où le vote n'est pas obligatoire, que les électeurs qui se seraient abstenus lors du scrutin réel, s'abstiennent également lors de la consultation expérimentale.

Il est évident que, si l'on fait plusieurs consultations successives, le tirage au sort des personnes à consulter doit être renouvelé chaque fois; sinon les personnes consultées ne sont plus choisies au hasard.

Une dernière remarque; supposons que, dans un pays donné, les électeurs se partagent entre 53 % pour un parti et 47 % contre lui; si l'on admet un pourcentage d'erreur *a* égal à 2, il pourra arriver que la consultation donne 51 % et, comme on ne sait pas dans quel sens elle est erronée, on pourra seulement affirmer que le pourcentage des voix est compris entre 49 % et 53 % c'est-à-dire qu'on n'aura pas la certitude (à ε près) que ce parti a la majorité absolue.

Le nombre des personnes à consulter, après tirage au sort, devra donc, s'il est possible, atteindre 5000; il devrait même être notablement plus grand, et atteindre 20000 dans un pays où les électeurs se partageraient entre sept ou huit partis, ce qui rendrait assez faible le pourcentage de certains d'entre eux.

On peut observer que, du moment que le nombre total des boules (ou des individus) est assez grand, c'est-à-dire dépasse 50000, le nombre des tirages à effectuer pour obtenir une certaine précision dans le pourcentage, ne dépend nullement de ce nombre total.

D'autre part, dans tous les pays, par suite de la complexité des lois électorales, le résultat final d'un scrutin peut différer notablement des pourcentages globaux de voix; c'est là une circonstance qui pourrait conduire à remplacer des consultations nationales par des consultations locales; malheureusement le nombre de personnes à consulter est le même pour chaque département que pour la nation entière.

GÉODÉSIE. — *Mesures de pesanteur exécutées dans l'Ouest de la France.* Note (*) de M. **Pierre Lejay.**

Le tableau suivant donne les valeurs de la pesanteur et les anomalies de Bouguer en diverses stations de Normandie, de Bretagne et du Poitou. Conformément aux usages reçus, g' désigne la valeur réduite au géoïde réel, corrigée de l'influence du relief. Valeur de base : Paris (Observatoire) $g = 980{,}943$.

Station.	Longitude Ouest Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g'_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$	$g'_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1947	gals	gals	gals	gals	gals	gals
Bagneux	–	–	–	– »	980,933	–	–	–	–	–
Argentan	0.01,2	48.44,7	160	17 juin	980,933	980,983	980,965	980,967	+16	— 2
Briouze	0.22,0	48.41,9	217	18 »	,915	,982	,958	,962	+20	— 4
Thury-Harcourt	0.28,6	48.59,3	56	18 »	,980	,998	,992	,988	+10	+ 3
Caen	0.22,5	49.10,9	12,5	18 »	981,005	981,009	981,008	981,006	+ 4	+ 2
St-Aubin	0.23,6	49.19,9	5	18 »	,024	,026	,026	,019	+ 7	+ 7
Bayeux	0.42,3	49.16,6	45	19 »	,016	,030	,025	,014	+16	+11
St-Lô	1.05,7	49.06,9	34	19 »	,000	,011	,007	,000	+11	+ 7
Ste-Mère Église	1.19,0	49.24,5	30	19 »	,024	,033	,030	,026	+ 7	+ 4
Valognes	1.28,1	49.30,5	28	19 »	,026	,035	,032	,035	0	— 3
Cherbourg	1.37,5	49.38,6	5	20 »	,039	,041	,040	,047	— 6	— 7

(1) Séance du 3 novembre 1947.

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.		g.	g_0.	g'_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g'_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1947		gals	gals	gals	gals	gals	gals
Carteret	1.47,2	49.22,9	10,5	20	juin	981,031	981,035	981,034	981,023	+11	+10
Lessay	1.32,0	49.13,3	8	20	»	,019	,022	,021	,009	+13	+12
Coutainville	1.35,9	49.02,9	5	21	»	980,999	,001	,000	980,994	+ 7	+ 6
St-Pair	1.34,2	48.49,0	13	21	»	,967	980,972	980,970	,973	— 1	— 3
Villedieu-les-Poëles	1.13,3	48.50,4	120	21	»	,948	,985	,972	,975	+10	— 3
Pontorson	1.30,7	48.33,3	14	22	»	,952	,956	,955	,950	+ 7	+ 5
Les Sables d'Or	2.23,9	48.38,6	7	23	»	,981	,983	,984	,958	+26	+26
Jugon	2.19,3	48.24,7	26	23	»	,917	,925	,923	,937	—12	—14
Montauban de Bretagne	2.02,7	48.12,1	73	23	»	,914	,937	,929	,918	+19	+11
Rennes	1.41,0	48.06,7	34	23	»	,911	,922	,918	,910	+12	+ 8
Vitré	1.12,4	48.07,4	97	24	»	,880	,910	,899	,911	— 1	—12
Ernée	0.56,1	48.17,8	133	24	»	,890	,931	,916	,926	+ 5	—10
Mortain	0.56,4	48.38,9	222	24	»	,907	,976	,951	,958	+18	— 6
Condé-sur-Noireau	0.33,4	48.50,7	85	25	»	,958	,985	,975	,976	+ 9	— 0
Falaise	0.12,1	48.53,6	132	25	»	,945	,986	,972	,980	+ 6	— 8
	Est Greenwich.										
Livarot	0.08,9	49.00,3	66	25	»	,961	,981	,974	,990	— 8	—16
Bagneux	–	–	–	–	»	,933	–	–	–	–	–
Dancé-La Beuvrière	0.46,7	48.22,7	157	31	juil.	980,872	980,920	980,903	980,934	—13	—30
Bellême	0.33,7	48.22,5	219	1	août	,870	,938	,914	,933	+ 4	—20
Bonnetable	0.25,5	48.10,7	98	1	»	,892	,922	,911	,916	+ 6	— 4
Le Mans	0.12,9	48.00,2	71	2	»	,882	,904	,896	,900	+ 4	— 4
	Ouest Greenwich.										
Chassillé	0.26,9	48.01,3	79	2	»	,884	,909	,900	,902	+ 7	— 1
Laval	0.45,9	48.03,7	50	2	»	,893	,909	,903	,904	+ 5	— 1
Château-Gontier	0.42,1	47.49,8	34	3	»	,886	,897	,893	,884	+13	+ 9
Le Lion d'Angers	0.42,9	47.37,7	22	3	»	,865	,872	,870	,866	+ 6	+ 4
Angers	0.33,1	47.28,0	38	3	»	,832	,844	,840	,852	— 8	—12
Chemillé	0.43,7	47.12,7	95	4	»	,795	,825	,814	,829	— 4	—14
Cholet	0.52,5	47.03,7	106	4	»	,779	,812	,800	,815	— 3	—15
Beaupréau	0.59,8	47.12,1	87	4	»	,812	,839	,829	,828	+11	+ 1
Liré	1.09,9	47.20,7	48	4	»	,847	,862	,857	,841	+22	+16
St-Sébastien les Nantes	1.31,0	47.11,5	24	4	»	,800	,808	,805	,827	—19	—22
St-Philibert de Grand Lieu	1.38,5	47.02,4	4	5	»	,822	,823	,823	,813	+10	+ 9
Machecoul	1.48,8	46.59,5	6	5	»	,812	,814	,813	,809	+ 5	+ 4
Challans	1.53,1	46.50,8	13	5	»	,793	,798	,796	,796	+ 2	+ 0
St-Gilles sur Vie	1.56,0	46.41,8	7	5	»	,797	,799	,799	,782	+17	+16
Les Sables d'Olonne	1.47,9	46.29,4	10	5	»	,765	,769	,768	,764	+ 5	+ 4
Talmont	1.37,1	46.28,2	11	6	»	,754	,757	,756	,762	— 4	— 5
Coulonges sur l'Autise	0.36,0	46.28,9	80	6	»	,759	,784	,775	,763	+21	+12
Secondigny	0.25,2	46.36,7	182,5	6	»	,733	,789	,769	,775	+14	— 6
Bressuire	0.29,5	46.50,6	185	6	»	,734	,791	,770	,796	— 5	—25
Airvault	0.08,3	46.49,7	96	6	»	,786	,816	,805	,794	+21	+11
Maisontiers	0.14,8	46.46,7	144	7	»	,737	,782	,766	,790	— 8	—24
Thenezay	0.01,7	46.43,2	152	7	»	,748	,795	,778	,785	+11	— 6
Vasles	0.01,6	46.34,6	161	7	»	,713	,763	,745	,772	— 8	—26
St-Maixent	0.12,2	46.24,6	68	7	»	,738	,759	,752	,757	+ 3	— 5
Niort	0.28,0	46.19,4	29	8	»	,750	,759	,756	,749	+10	+ 7
La Laigne	0.45,7	46.12,8	16	8	»	,737	,742	,740	,739	+ 3	+ 1
La Rochelle	1.09,2	46.09,9	10	8	»	,732	,735	,734	,735	+ 1	— 1
Rochefort	0.57,7	45.56,3	12	8	»	,707	,711	,710	,714	— 3	— 4
Saujon	0.55,2	45.40,6	7	9	»	,682	,685	,684	,690	— 6	— 7
Mortagne sur Gironde	0.47,1	45.29,0	55	9	»	,646	,663	,658	,673	— 9	—15
Jonzac	0.25,9	45.26,8	40	9	»	,643	,655	,651	,670	—14	—19
Montlieu	0.15,5	45.14,7	145	9	»	,595	,640	,624	,651	—11	—27
Aubie et Espessas	0.24,3	45.00,7	31	10	»	,588	,598	,595	,630	—32	—36
Bordeaux	0.31,3	44.50,7	71	11	»	,572	,594	,586	,615	—21	—29

Station.	Longitude Est Greenwich.	Lat.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g'_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g'_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres	1947	gals	gals	gals	gals	gals	gals
Ste-Hélène	0.53,1	44.57,8	44	11 août	980,595	980,609	980,604	980,626	−17	−22
Lège	1.08,8	44.47,8	8	11 »	,600	,603	,602	,611	− 8	− 9
Mios	0.56,2	44.36,3	11,5	11 »	,580	,584	,583	,594	−10	−11
Hostens	0.38,5	44.29,6	75	12 »	,554	,577	,569	,584	− 6	−15
Pissos	0.46,9	44.18,4	56	12 »	,547	,564	,558	,567	− 2	− 9
Parentis	1.04,3	44.20,9	30,8	12 »	,560	,570	,566	,571	− 1	− 4
Aureilhan	1.12,4	44.13,3	4	12 »	,568	,570	,569	,559	+11	+10
Onesse	1.04,3	44.03,9	45	13 »	,535	,549	,544	,545	+ 4	− 1
Castets	1.08,6	43.53,1	50	13 »	,515	,531	,526	,529	+ 2	− 3
Vieux-Boucau	1.24,2	43.47,2	4	13 »	,524	,525	,525	,520	+ 6	+ 5
Bénesse-en-Marenne	1.21,8	43.38,1	17,5	13 »	,493	,499	,497	,506	− 7	− 9
Bidart	1.35,5	43.26,3	32	14 »	,468	,478	,475	,489	−10	−13
Cambo	1.24,3	43.21,8	68	15 »	,473	,494	,489	,482	+13	+ 7
St-Jean-Pied-de-Port	1.14,3	43.09,8	165	15 »	,423	,474	,457	,464	+10	− 7
Cibits	1.05,5	43.13,6	152	16 »	,454	,501	,485	,469	+31	+16
Mauléon	0.53,6	43.13,2	142	16 »	,464	,508	,494	,469	+39	+25
Sauveterre	0.56,4	43.24,0	84	17 »	,468	,495	,486	,485	+ 9	+ 1
Pardies	0.35,2	43.22,0	112	17 »	,428	,463	,451	,482	−19	−31
Arsacq	0.24,8	43.32,2	234	17 »	,428	,500	,474	,497	+ 3	−23
Montfort	0.50,4	43.42,7	106	17 »	,475	,508	,497	,513	− 5	−17
Tartas	0.48,7	43.49,9	16	17 »	,508	,514	,512	,524	−11	−12
Arengosse	0.47,7	44.00,4	74	18 »	,516	,539	,531	,540	− 0	− 9
Labrit	0.32,8	44.06,3	84,5	18 »	,524	,551	,541	,549	+ 2	− 7
Roquefort	0.19,5	44.02,1	75	18 »	,524	,548	,540	,542	+ 5	− 3
Captieux	0.15,7	44.17,6	96	18 »	,533	,563	,552	,566	− 3	−14
Grignols	0.12,6	44.23,3	148	18 »	,525	,571	,555	,574	− 3	−20
Langon	0.15,0	44.33,4	15,5	19 »	,566	,571	,570	,589	−18	−19
Paillet	0.21,9	44.41,2	15	19 »	,580	,585	,584	,601	−16	−18
Bordeaux	0.31,3	44.50,7	71	19 »	,572	,594	,586	,615	−21	−29

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le mésobis(phényléthynyl)anthracène.*

Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Jean Mathieu** et **Guy Rio**.

Les restes acétyléniques ont été parfois comparés aux restes aromatiques, en particulier dans la chimie des radicaux méthyliques. L'étude de leur influence sur la photooxydation des anthracènes avait ainsi sa place marquée dans le cadre de nos recherches, à la suite des travaux sur les arylanthracènes.

Nous avons préparé le mésobis(phényléthynyl)anthracène ($C_{30}H_{18}$), (I), par la méthode usuelle, qui consiste en la réduction du diquinol correspondant ($C_{30}H_{20}O_2$, $F_{inst.}$ 169-170°), (III), obtenu lui-même par action du bromure de phényléthynylmagnésium sur l'anthraquinone.

Cet hydrocarbure ($F_{inst.}$ 254-255°) manifeste deux propriétés inattendues. Tout d'abord, en dépit de la faible valeur du pouvoir chromophorique chez l'enchaînement acétylénique, il a une belle couleur orange foncé, au lieu d'être incolore comme les autres hydrocarbures anthracéniques ne portant que des mésosubstituants. De plus, malgré la profondeur de sa coloration qui

(*) Séance du 18 octobre 1948.

semblait le prédisposer plus que tout autre à la photosensibilité, il est l'un des rares hydrocarbures anthracéniques refusant de se photooxyder : tout au plus se résinifie-t-il très lentement au soleil en solution sulfocarbonique, alors que ses solutions éthérées subissent une insolation de 60 heures sans altération appréciable.

Cette étude se raccorde à celle qui fut faite antérieurement sur le diphénylphényléthynylcarbinol, (V), et ses dérivés ([1]). Le diquinol (III) peut être considéré, en effet, comme contenant deux fois le système V, avec mise en commun, (IV), des deux phényles géminés. Cette disposition a pour résultat de conférer au carbinol des propriétés nouvelles, dues à l'intervention de la résonance anthracénique par laquelle les deux systèmes acétyléniques deviennent solidaires l'un de l'autre.

Ainsi le carbinol simple, (V), quand on le réduit [par exemple par l'intermédiaire de ses esters halogénés ([2])], ne donne pas le radical libre, (VI), ni son dimère, mais un isomère ($C_{42}H_{30}$) de ce dernier : le radical se réarrange dès sa formation en une structure tout autre ([3]).

I ← II ⇌(−2RO·) III ← IV

III R = H
III*bis* R = CH_3
III*ter* R = C_2H_5

V (C_6H_5)$_2$COH–C≡C–C_6H_5 ↓

VI (C_6H_5)$_2$Ċ–C≡C–C_6H_5 ↓ $C_{42}H_{30}$

VII

VIII

Au contraire, dans la réduction du quinol (III) les électrons solitaires des deux radicaux libérés, (II), sont bloqués aussitôt par la mésomérie anthracénique et n'ont pas la possibilité, comme dans le radical (VI), de bouleverser la configuration.

Nous nous sommes assurés néanmoins que les fonctions hydroxylées du

---

([1]) (*a*) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bl.*, 33, 1923, p. 934; (*b*) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et H. Blatt, *Bl.*, 33, 1924, p. 1412.

([2]) (*a*) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et A. S. Houghton, *Bl.*, 41, 1927, p. 53; (*b*) *ibid.*, *Bl.*, 41, 1927, p. 56.

([3]) C. S. Marvel et Collaborateurs (nombreux mémoires), *J. Am. Chem. Soc.*, 1925 à 1938.

quinol (III) étaient bien restées du même type que celle du carbinol (V). En particulier elles donnent les éthers-oxydes dans des conditions semblables, c'est-à-dire par action des alcools correspondants en présence d'une trace d'acide fort : éther diméthylique $C_{32}H_{24}O_2$ (III *bis*), $F_{inst.}$ 141-142°; éther diéthylique $C_{34}H_{28}O_2$, (III *ter*), $F_{inst.}$= 218-219°.

Quant à l'influence des deux groupements acétyléniques sur les propriétés du noyau anthracénique, il convient de lui chercher une analogie du côté d'un autre enchaînement à triple liaison, le reste cyané $-C\equiv N$. Effectivement, le mésodicyananthracène, (VII), est, lui aussi, fortement coloré; de plus, il est remarquablement résistant à la photo-oxydation ([4]), plus encore que l'acétylénique.

Cet effet des triples liaisons doit être rapporté à leur participation à la mésomérie anthracénique, qu'elles développent et étendent dans le plan. L'une des conséquences ordinaires de cette extension est de reporter les pôles de réactivité aux extrémités de l'ensemble résonant (*voir*, par exemple, en (VIII), l'une des formules limites) : les mésosommets perdent par là leur caractère additif usuel, mais les nouveaux centres actifs sont alors trop éloignés pour recevoir en pont une molécule d'oxygène. Ainsi s'expliquerait pourquoi les triples liaisons accolées aux mésosommets de l'anthracène entravent la formation du photooxyde.

Cette interprétation rejoint, en la renforçant, celle qui a été donnée à propos des mésodianthranyles ([5]) et des mésonaphtodianthrènes ([6]), corps inaptes à se photooxyder.

CHIRURGIE. — *Possibilité de greffe veineuse de grande dimension* (15 *à* 47^{cm}) *dans les thromboses artérielles étendues.* Note de MM. **René Leriche** et **Jean Kunlin**.

Le remplacement d'un segment artériel thrombosé par une veine prise sur le porteur à été proposé par l'un de nous en 1920, en s'inspirant des résultats expérimentaux de Carrel. Le rétablissement d'une circulation normale paraissait un idéal réalisable. Malheureusement, les nombreuses recherches opératoires entreprises dans ce but ne purent jamais être menées à bien, la perte de substance artérielle exigée par l'étendue de la thrombose était toujours trop grande. On pensait à cette époque que le greffon veineux ne devait pas dépasser cinq à six centimètres sous peine d'exposer à une nouvelle thrombose. On renonça donc et d'autant plus facilement que la simple artériectomie était

([4]) Ch. Dufraisse et J. Mathieu, *Bl.*, (5), 14, 1947, p. 307.

([5]) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Bl.*, (5), 5, 1938, p. 600; Ch. Dufraisse et G. Sauvage, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 665.

([6]) G. Sauvage, *Ann. Chim.*, (12), 2, 1947, p. 863.

généralement suivie d'un réchauffement périphérique et d'une disparition des douleurs. Seule, la persistance de la claudication intermittente paraissait incurable.

Récemment, il parut à l'un de nous (Jean Kunlin) que l'on pouvait, peut-être, reprendre l'idée de la greffe quelle que soit l'étendue de la perte de substance, en s'aidant de l'héparine et, dans ces cinq derniers mois, il a effectué 8 greffes veineuses chez des malades gravement atteints que les méthodes vasodilatatrices n'avaient pas suffisamment améliorées.

Ces greffes on été

une fois de 15 cm;	une fois de 26 cm;	une fois de 28 cm;	une fois de 29 cm;
une fois de 34,5 cm;	une fois de 36,5 cm;	une fois de 37 cm;	une fois de 47 cm;

Chez tous les opérés, une fois la greffe terminée, le sang circulait librement avec battements normaux, le pied se réchauffa, le pouls périphérique reparut, les douleurs disparurent, et les extrémités se réchauffèrent.

Une s'est oblitérée brusquement le 3e jour. Il s'agissait d'une greffe de 47^{cm} anastomosée en haut à l'artère iliaque, en bas à la poplitée. Toutes les autres sont restées perméables, la plus ancienne datant de 5 mois, une autre depuis 3 mois, les autres de quelques semaines.

Dans six cas, les pouls périphériques (tibiale postérieure et pédieux) existent, les oscillations sont amples, le pied est chaud, de bonne trophicité et les ulcérations, quand il y en avait, se sont cicatrisées. Les opérés qui ont repris la marche n'ont plus de claudication.

Il y a dans ces faits quelque chose d'absolument nouveau dans l'histoire de la greffe veineuse. Étant donné le temps qui s'écoule entre le prélèvement du greffon et sa mise en place, on pouvait craindre des altérations de l'endothélium veineux exposant à une thrombose. Il n'en a rien été dans 7 cas sur 8. Ces faits sont donc encourageants. Ils permettent de penser qu'il y a là une méthode nouvelle qui transformera l'avenir des malades que les sympathectomies n'auront pas améliorés suffisamment.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la propulsion par régénération de la couche-limite.* Note de M. **Maurice Roy.**

1. On peut concevoir qu'une aspiration continuelle et progressive de la couche-limite d'un fluide sur un solide maintienne cette couche au régime dit laminaire, en réduisant la résistance au mouvement du solide, avantage payé par une dépense d'énergie pour restituer au flux ambiant, dans des conditions favorables, le fluide aspiré.

Cette idée a suscité celle de *propulser un solide immergé en régénérant la couche-limite*, c'est-à-dire en restituant au flux aval, avec une vitesse relative égale et opposée à la vitesse du solide, le fluide aspiré de cette couche. On fait

ainsi miroiter l'espoir de réduire la dépense d'énergie de propulsion à la compensation de l'énergie cinétique absolue qu'acquiert, du fait de son entraînement par le solide, le fluide de couche-limite, *dont le débit total est minimisé* par son aspiration progressive.

Je voudrais ici montrer que cet espoir repose sur un raisonnement fallacieux de mécanique des fluides, et esquisser une analyse moins critiquable.

2. Considérons un solide S en translation uniforme, de vitesse U opposée à l'axe x d'un repère xyz, dans un liquide visqueux et indéfini, en régime permanent par rapport au repère $x'y'z'$ lié à S et parallèle à xyz (la vitesse du fluide est u_i dans les x_i, et u'_i dans les x'_i avec $u' = \mathrm{U} + u$, $v' = v$, $w' = w$). Pour simplifier, on suppose le liquide indilatable et sa viscosité constante, d'où indépendance de son mouvement et du flux thermique qu'engendrent la dissipation d'énergie par viscosité et l'échange de chaleur entre S et le fluide.

Envisageons un *tronçon du flux permanent* compris entre S, une surface tubulaire de courant Σ et deux sections droites et planes, amont et aval, A_1 et A_2. Admettons (hypothèses H) que les distances entre S et les surfaces Σ, A_1 et A_2 soient toutes suffisantes pour que la viscosité soit d'effet négligeable sur Σ et A_1, que la vitesse u'_i soit quasi parallèle à l'axe x sur A_1 et A_2 avec $\partial u'/\partial x'$ négligeable sur A_2, enfin que $p \simeq p_0$ sur Σ, A_1 et A_2 (d'où $u_1 \cong 0$, $u'_1 \cong \mathrm{U}$). Les hypothèses H sont parfois admises, à tort, pour une section aval A_2 située à l'aplomb, ou peu en aval, de l'arrière de S.

Soient R la *résistance* (positive suivant x) éprouvée par S, et M le débit-masse du flux à travers A_1 et A_2. Posons $\mathrm{C} = u_i^2/2$ et $\mathrm{C}' = u_i'^2/2$, d'où $\mathrm{C}' = \mathrm{C} + u\mathrm{U} + \mathrm{U}^2/2$. Et notons, par un symbole surligné et avec indice 1 ou 2, toute grandeur estimée, dans A_1 ou A_2, en *moyenne par rapport aux débits* des filets traversant ces aires.

En projection sur x et par le théorème des quantités de mouvement, on a

$$\mathrm{R}[= \mathrm{M}(\overline{u'_1} - \overline{u'_2}) = \mathrm{M}(\overline{u_1} - \overline{u_2})] \cong -\mathrm{M}\overline{u_2}.$$

Puis, avec $p_2 \cong p_1 \cong p_0$, $\overline{\mathrm{C}'_1} \simeq \overline{\mathrm{C}_1} + \mathrm{U}^2/2$ et $\overline{\mathrm{C}'_2} = \overline{\mathrm{C}_2} + \overline{u_2}\mathrm{U} + \mathrm{U}^2/2$, le principe de la conservation de l'énergie donne

$$(2) \qquad \mathrm{W}_v = \mathrm{M}(\overline{\mathrm{C}'_1} - \overline{\mathrm{C}'_2}) = -\mathrm{M}\overline{\mathrm{C}_2} - \mathrm{M}\overline{u_2}\mathrm{U},$$

où W_v est la puissance dissipée par viscosité dans le tronçon de flux considéré. Désignant par $\mathrm{W}_r = \mathrm{RU} = -\mathrm{M}\overline{u}\mathrm{U}$ la *puissance dépensée pour la propulsion* (*par remorquage idéal*), (2) devient

$$(3) \qquad \mathrm{W}_r = \mathrm{W}_v + \mathrm{M}\overline{\mathrm{C}_2}.$$

En éloignant davantage A_2 vers l'aval, la viscosité amenuise de plus en plus u_2, et $\overline{\mathrm{C}_2}$ tend vers zéro, tandis que W_v s'accroît d'autant.

Lorsque, sous le bénéfice des hypothèses H, on confond W_r avec $\mathrm{M}\overline{\mathrm{C}_2}$, on

supprime implicitement la viscosité, ce qui fait disparaître à la fois couche-limite et résistance, et annule d'office W_r et MC_2.

Dire alors qu'il suffit de rendre u_2 identique à zéro pour assurer la propulsion, c'est énoncer une condition nécessairement satisfaite dans le domaine irréel du fluide parfait, et s'interdire l'estimation du prix dont se paye ce résultat dans la réalité.

3. Pour éviter ce *raisonnement illusoire*, imaginons qu'une partie du flux (couches-limites aspirées, par exemple, ou veine brassée par un propulseur mécanique) subisse, de la part d'*organes mobiles par rapport à* S (rotor d'un aspirateur, par exemple, ou hélice), des actions mécaniques consommant une puissance W_m. Conservons les hypothèses H, et admettons encore que la permanence du flux par rapport à S subsiste sur les surfaces Σ, A_1 et A_2 assez éloignées de S, bien qu'au voisinage surtout des organes mobiles ce flux ne puisse plus avoir, dans le repère x'_i, qu'un régime périodique (ce qui donne à W_m le sens d'une moyenne dans le temps).

Alors, l'équation (1) subsiste, et l'annulation de R, donc de u_2, symbolise la *propulsion autonome*, par compensation suivant x de tous les efforts, résistants et propulsifs, du flux total sur toutes les parties de S.

Mais, dans (2), il faut ajouter $-W_m$ à W_v, où W_v s'étend toujours à la totalité du tronçon de flux, *y compris sa partie actionnée par organes mobiles de* S, de sorte que (3) devient

$$W_r = W_v - W_m + M\overline{C}_2. \tag{4}$$

En propulsion autonome ($W_r = 0$, donc $\overline{u}_2 = 0$ pour toute aire A_2 située assez en aval pour justifier les hypothèses H), la *puissance dépensée mécaniquement sur le flux* est $W_A \equiv W_m$. En comparant ce cas (indice A) à celui de la propulsion remorquée (indice R, soit $W_R \equiv W_r$ du n° 2), avec même débit M des tronçons de flux comparés, on a

$$W_A = (W_v)_A + M(\overline{C}_2)_A; \qquad W_R = (W_v)_R + M(\overline{C}_2)_R.$$

Si, dans les deux cas, on rejette A_2 à l'infini aval où $u \to 0$, donc $\overline{C}_2 \to 0$, on voit que les W_A et W_R s'identifient avec les *puissances totales* $(W_v)_A$ et $(W_v)_R$ *dissipées par viscosité dans le fluide indéfini*. Dans la propulsion autonome, on réduit peut-être la part de $(W_v)_A$ qui intéresse les couches-limites *extérieures* à S, mais on y ajoute la part relative à tous les passages, avec *nouvelles couches-limites*, où circule la partie du flux actionnée par les organes mobiles et la différence des dissipations dans les *sillages* des cas A et R.

Rien ne permet d'affirmer que W_A puisse, pratiquement, devenir, de beaucoup ou même de peu, inférieur à W_R.

Ceci ne condamne pas la recherche, par l'expérience à défaut de théories appropriées aux cas d'espèce, de la solution optimum, mais doit détourner

d'espérances utopiques, dont les perspectives séduisantes ne seraient que mirage.

L'aspiration de la couche-limite peut, d'ailleurs, avoir des applications pratiques très importantes, quant à la sustentation et à la stabilité *à basse vitesse* d'avions à voilure très chargée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les cyclohexanones liquides substituées en α et α' constituent des mélanges de stéréoisomères en équilibre, mais celles substituées en β et β' se présentent en stéréoisomères distincts.* Note (*) de MM. **Pierre Anziani, André Aubry, Pierre Bourguignon** et **Raymond Cornubert.**

On sait que l'αα'-diméthylcyclohexanone I_a, corps liquide, constitue un mélange en équilibre de ses isomères *cis* et *trans* ([1]). On sait aussi que des

γ
β' β
α' α
CO

	I_a.	I_b.	I_c.	I_d.	II_a.	II_b.	II_c.	III.
α	CH_3	C_7H_7	CH_3	C_3H_7	–	–	–	–
α'	CH_3	C_7H_7	C_7H_7	C_3H_7	i—C_3H_7	n—C_3H_7	CH_3	–
β	–	–	–	–	CH_3	CH_3	CH_3	CH_3
β'	–	–	–	–	–	–	–	CH_3

cétones stéréoisomères solides de ce type I, telle I_b, existent à l'état homogène jusqu'à une certaine température et se mettent en équilibre soit par élévation de température soit sous l'influence de réactifs forts (HCl, NaOH, C_2H_5ONa, etc.) ([2]). On sait encore que la menthone et l'isomenthone II_a, stéréoisomères liquides, ont été décrites avec des pouvoirs rotatoires extrêmement différents, mais sont susceptibles de se mettre en équilibre sous l'influence de réactifs énergiques, les mêmes que précédemment.

Deux questions devaient dès lors se poser : 1° chez les cétones liquides du type I, existe-t-il des substances constituées par des stéréoisomères distincts : 2° toutes les cétones du type II présentent-elles le même caractère que la menthone et l'isomenthone ?

I. Pour répondre à la première question, l'α-méthyl-α'-benzylcyclohexanone I_c a été convertie suivant la méthode des pH variés en semicarbazones et en oximes.

Il a pu être isolé deux semicarbazones (quatre sont possibles) F 164° (A) et F 178-180° (B). A la température ordinaire, à tous pH favorables, mais avec des rendements variant de 87 % à une valeur presque nulle, on trouve ces deux substances. Mais si l'on choisit le pH fournissant le rendement maximum et si

(*) Séance du 3 novembre 1948.

([1]) R. Cornubert et P. Robinet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1, 1934, p. 1630; R. Cornubert, P. Anziani, R. André, M. de Demo, R. Joly et P. Robinet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 12, 1945, p. 367.

([2]) R. Cornubert, M. André, M. de Demo, R. Joly et A. Strébel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 6, 1939, p. 103, 113, 132, 205.

l'on fait varier la température, on note les résultats suivants : 1° Au delà de 30° la semicarbazone A se forme seule; 2° Entre 10° et 20° on trouve un mélange contenant 70 % de l'isomère B; 3° A 0° on peut rencontrer presque exclusivement l'isomère B, le rendement étant compris entre 75 et 100 %. Ces deux semicarbazones, par fixation d'une molécule d'hydrogène sous l'influence du platine, conduisent à des semicarbazides différentes : A′ (F 129-130°), B′ (F 143-144°). De plus l'hydrolyse phtalique de ces deux semicarbazones A et B a fourni deux cétones qui ont fait retrouver à volonté soit l'une, soit l'autre des précédentes semicarbazones.

Trois oximes ont par contre été isolées et la quatrième a été caractérisée grâce à un dérivé. En milieu acide on trouve une oxime A (F 135°) de carbanilidoxime A′ (F 136-137°), mais les queues de cristallisation de l'oxime A ont engendré deux carbanilidoximes différentes A′ (F 136-137°) et B′ (F 147-151°.) En milieu alcalin on isole deux oximes C (F 135°) (de carbanilidoxime F 125°) et D (F 145°) (de carbanilidoxime F 152°), les proportions des oximes de C et D ne variant pas sensiblement avec le degré d'alcalinité. La neutralité du milieu est une limite parfaitement nette entre ces deux couples d'oximes et la température n'a pas d'influence contrairement à ce qu'on note pour les semicarbazones. De plus l'hydrolyse des trois oximes a fourni trois cétones qui ont toutes conduit à la combinaison tétrahydropyronique (F 191-193°).

De quelles cétones dérivent toutes ces substances ? Il y a toutes chances pour que les deux semicarbazones relèvent de cétones différentes puisque les hydrogénations respectives donnent une semicarbazide distincte dans chaque cas; cette conclusion ne peut cependant être envisagée comme une certitude car on peut concevoir que deux semicarbazones d'un même stéréoisomère cétonique du type II_c fournissent deux semicarbazides différentes correspondant à la stucture de la cétone initiale.

Quant aux oximes leurs rattachements ont été acquis par réduction au sodium et à l'alcool, ce qui a donné des amines liquides qui ont été caractérisées à l'état de dérivé benzoylé. L'oxime A d'une part, l'oxime B souillée de A ont conduit à un dérivé benzoylé (F 206-207°) et relèvent donc de la même cétone; l'oxime C d'une part, l'oxime D d'autre part, ont toutes deux engendré un dérivé benzoylé (F 189-190°) à côté d'une petite quantité d'un autre dérivé benzoylé (F 178-181°.) Les oximes C et D correspondent donc à l'autre stéréoisomère.

Par analogie avec le cas de la cétone I_a pour laquelle l'oxime de la cétone *trans* domine plus que nettement en milieu alcalin, la cétone d'oximes (F 135° et F 145°) serait l'isomère *trans*.

La cétone I_c constitue donc elle aussi un mélange en équilibre de ses stéréoisomères *cis* et *trans*.

Il sera démontré par ailleurs que l'$\alpha.\alpha'$-dipropylcyclohexanone I_d est également un mélange de stéréoisomères en équilibre.

II. De nouvelles expériences nous permettent de confirmer de précédents résultats (³) : les cétones liquides II_a, II_b et II_c se présentent en formes stéréo-isomères distinctes.

En résumé, les cyclohexanones liquides du type I sont des mélanges en équilibre de leurs formes *cis* et *trans*, celles de type II sont isolables en formes stériquement pures transposables l'une dans l'autre d'après les propriétés de la menthone et de l'isomenthone, ce qui oppose ces cétones du type II à la β.β'-diméthylcyclohexanone (III) qui a révélé la stabilité absolue du dérivé *cis* [la cétone *trans* n'étant pas encore connue (⁴)].

Tout ceci appelle évidemment des recherches plus pénétrantes.

M. le **Président** offre à l'Académie, de la part des auteurs, le premier volume paru du *Traité de Zoologie* édité sous la direction de M. Pierre-P. Grassé. Le présent volume, tome XI d'une série qui en comprendra XVII, est réservé aux *Echinodermes*, traités par MM. Lucien Cuénot et Constantin Dawydoff, aux *Stomocordés* (Balanoglossus et Rhabdopleura), par M. Constantin Dawydoff, avec un addenda consacré aux Graptolites, par M. Gérard Waterlot, enfin aux *Procordés* (Tuniciers), par MM. Paul Brien, A. Dalcq, Pierre Drach et Hervé Harant, et aux *Céphalocordés* (Amphioxus), par M. Pierre Drach.

M. **Roger Heim** rend compte de la Conférence Internationale pour la Protection de la Nature qui s'est tenue à Fontainebleau du 30 septembre au 7 octobre 1948, et des conclusions du Symposium technique qui a coïncidé avec cette Conférence et dont il a assumé la présidence. Ces réunions ont abouti à l'établissement définitif d'une Union Internationale pour la Protection de la Nature, dont le Secrétariat général a été fixé à Bruxelles et que dirigera un Conseil exécutif composé de 14 membres. Cinq Commissions ont été par ailleurs créées, ayant comme buts respectifs l'examen des problèmes touchant à l'Afrique, à l'Europe, à l'éducation en matière de protection de la Nature, à la nomenclature, à la coordination de l'Union avec l'UNESCO. L'une des tâches essentielles et immédiates de la nouvelle Union sera de préparer une Convention mondiale destinée à servir de base à la future coopération internationale dans le domaine de la protection de la Nature et à favoriser l'élaboration d'une législation nationale par chacun des pays intéressés.

M. **Marcel Delépine** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Les Isotopes*, Rapports et Discussions du septième Conseil de Chimie tenu à l'Université de Bruxelles du 22 au 27 septembre 1947, publiés par les Secré-

(³) P. Anziani, A. Aubry, P. Bourguignon et R. Cornubert, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1948, p. 743.

(⁴) R. Cornubert, R. André et P. Hartmann, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, , 1948, p. 863.

taires du Conseil sous les auspices de la Commission scientifique de l'Institut International de Chimie Solvay. Cet Ouvrage contient une allocution prononcée par M. **Paul Karrer** et, notamment, un rapport de M. **Frédéric Joliot**.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie agricole et biologique du Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Jean Lavollay* obtient 40 suffrages contre 6 à M. *Désiré Leroux*. Il y a un bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Désiré Leroux* obtient 30 suffrages. Il y a 6 bulletins blancs et un bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.................. M. **Jean Lavollay**.
En seconde ligne.................. M. **Désiré Leroux**.

CORRESPONDANCE.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Logique des mathématiques intuitionistes sans négation*. Note (*) de M. **G.-F.-C. Griss**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans quelques Notes (¹) nous avons commencé à construire une mathématique intuitioniste sans négation, c'est-à-dire sans raisonnement par négation. Cette suppression de la négation aura une grande influence sur la logique. L'interprétation de la logique intuitioniste (²) présentait déjà des difficultés (³). Chaque proposition exprime, selon Heyting, un problème ou mieux encore une intention, une attente qui pourra se réaliser ou non. Il est évident que cette interprétation ne vaut pas pour la mathématique sans négation. Car aux mathématiques intuitionistes sans négation appartiennent seulement des constructions et des propriétés par rapport à ces constructions.

Poser des problèmes et demander des solutions sont des occupations pré-mathématiques. La suppression de la négation entraîne le fait qu'il ne faut pas faire de suppositions à moins d'avoir construit des systèmes mathématiques satisfaisant aux suppositions.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(¹) *Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. Versl.*, 53, 1944 et *Proc.*, 49, 1946.

(²) A. Heyting, *Die formalen Regeln der intuitionistischen Logik* (*S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1930).

(³) A. Heyting, *Mathematische Grundlagenforschung*, p. 14.

Une autre conséquence de la suppression de la négation est *la suppression de l'espèce vide*. Dans les mathématiques intuitionistes, une espèce est définie par une propriété. Mais cette propriété est tout à fait fictive s'il n'y a pas un élément (d'un ensemble construit d'avance) ayant cette propriété. Ainsi la propriété d'un nombre entier d'être pair (impair) définit l'espèce des nombres pairs (resp. impairs). Mais la combinaison des deux propriétés (pair et impair) n'est pas une propriété et par conséquent pas une espèce, puisqu'il n'y a pas un nombre qui soit pair et impair à la fois. L'intersection de deux espèces existe seulement si elles ont un élément en commun.

Il va sans dire que la négation n'entre pas dans la logique de la mathématique sans négation. Quant à la disjonction je n'ai pas réussi à lui attribuer un sens dans la logique des propositions sans faire intervenir la notion d'espèce. La signification ordinaire : la proposition a est valable ou la proposition b est valable, n'a pas de sens dans la mathématique sans négation, car il n'y entre que des propositions valables. Examinons donc de plus près la signification de la disjonction, dans un cas très simple. Pour un ensemble d'un nombre fini de signes, par exemple $V(1, 2, \ldots, 9)$, on a pour chaque couple d'éléments $p = q$ ou $p \neq q$. Prenons en particulier $q = 9$ et nous trouvons : pour chaque élément p de $V(1, 2, \ldots, 9)$ on a $p = 9$ ou $p \neq 9$. La signification de cette proposition est-elle (pour $p = 7$) $7 = 9$ ou $7 \neq 9$? Apparemment pas, car $7 = 9$ est du non-sens. La proposition veut dire que *l'espèce* S_1 *des nombres de* V *pour lesquels* $p = 9$ *et l'espèce* S_2 *des nombres de* V *pour lesquels* $p \neq 9$ *constituent l'ensemble* V, autrement dit : la réunion de S_1 et S_2 est identique à V. La disjonction n'affirme rien d'un cas déterminé (particulier), mais elle nous donne la possibilité de démontrer un théorème pour tous les éléments d'un ensemble V en démontrant ce théorème pour les éléments de deux espèces dont la réunion est identique à V. De cette manière on se sert de la disjonction dès le commencement de la théorie des nombres naturels.

Ces considérations nous mènent aux conclusions suivantes : le calcul des propositions de la logique sans négation ne contiendra que l'implication $\rightarrow$ et la conjonction &; mais on peut interpréter le calcul des propositions de Heyting comme calcul de classes ou d'espèces, les classes ou espèces étant les objets du calcul ([4]).

On part d'un ensemble (par exemple l'ensemble des nombres naturels, l'ensemble des nombres réels ou un espace à n dimensions) dont toutes les espèces qu'on veut considérer sont des sous-espèces. Si a et b sont des espèces, $a \vee b$ est la *réunion* de a et b; si a et b ont un élément en commun, $a \wedge b$ est l'*intersection* de a et b; $a \supset b$ veut dire que a est *sous-espèce* de b; si a est une vraie sous-espèce de l'ensemble donné, $\neg a$ est l'*espèce complémentaire de* a.

Par cette interprétation la plupart des formules de la logique intuitioniste

---

([4]) D. HILBERT und W. ACKERMANN, *Grundzüge der theoretischen Logik*, chap. II, § 1.

restent valables. En voici quelques exemples

$$a \supset a \vee b,$$
$$a \supset c \text{ et } b \supset c \rightarrow a \vee b \supset c,$$
$$(a \vee b) \wedge c \supset (a \wedge c) \vee (b \wedge c).$$

Mais la dernière formule a seulement un sens, si les intersections existent. Si par contre les espèces a et c sont disjointes (donc $a \supset \neg c$), on a

$$(a \vee b) \wedge c \supset b \wedge c.$$

Si l'on ne sait pas si a et c ont un élément en commun ou si elles sont disjointes, aucune des deux formules n'est valable.

Quoique les axiomes de Heyting sur la négation ne puissent pas être interprétés dans notre calcul d'ensembles, plusieurs formules qui en sont déduites restent valables, par exemple

$$a \supset \neg b \rightarrow b \supset \neg a, \quad a \supset \neg \neg a.$$

Nous nous proposons de donner ultérieurement une théorie plus complète d'un calcul valable pour la mathématique intuitioniste sans négation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctionnelles linéaires sur l'ensemble des opérateurs bornés d'un espace hilbertien.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit H un espace hilbertien, $\mathcal{B}$ l'ensemble des opérateurs bornés B définis dans H. $\mathcal{B}$ a été étudié surtout jusqu'ici comme une algèbre. Or, on peut obtenir des résultats (intéressants même dans l'étude de l'algèbre $\mathcal{B}$) en considérant simplement $\mathcal{B}$ comme un espace vectoriel. Les démonstrations seront publiées ultérieurement.

$\mathcal{B}$ est muni classiquement ([1]) des quatre topologies suivantes : faible, forte, ultra-forte (strongest), et uniforme. Soient T_1, T_2, T_3, T_4, ces topologies.

1. Muni de T_4, $\mathcal{B}$ est un espace de Banach, dont nous allons étudier le dual $\mathcal{B}'$. Soit $\mathcal{J} \subset \mathcal{B}$ l'ensemble des opérateurs complètement continus; $\mathcal{J}$ est un espace de Banach. Soit $\mathcal{J}'$, $\mathcal{J}''$, $\mathcal{J}'''$ ses duals successifs. Il existe une application linéaire et isométrique I de $\mathcal{J}''$ *sur* $\mathcal{B}$. Si l'on considère $A \in \mathcal{J}$ comme un élément de $\mathcal{J}''$ par l'application canonique de $\mathcal{J}$ dans $\mathcal{J}''$, on a $I(A) = A$.

On peut alors identifier $\mathcal{J}'$ à un sous-espace de $\mathcal{B}'$ par l'application canonique de $\mathcal{J}'$ dans $\mathcal{J}''' = \mathcal{B}'$. Soit $\mathcal{J}^{\perp}$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{B}'$ orthogonaux à $\mathcal{J}$. Tout élément $\theta \in \mathcal{B}'$ se met, d'une seule manière, sous la forme $\theta = \varphi + \psi$, où

(*) Séance du 3 novembre 1948.

([1]) J. von Neumann, *On a certain topology for rings of operators* (*Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 111-115).

$\varphi \in \mathcal{J}'$, $\psi \in \mathcal{J}^{\perp}$, et $\|\theta\| = \|\varphi\| + \|\psi\|$. Donc $\mathcal{B}' = (\mathcal{J}' \times \mathcal{J}^{\perp})_{l_1}$, et l'étude de $\mathcal{B}'$ est ramenée à celles de $\mathcal{J}'$ et $\mathcal{J}^{\perp}$. Alors que les fonctionnelles de $\mathcal{J}^{\perp}$ présentent des caractères pathologiques, les fonctionnelles de $\mathcal{J}'$ ont de nombreuses propriétés simples : $\mathcal{J}'$ est la partie vraiment intéressante de $\mathcal{B}'$.

2. Propriétés des fonctionnelles de $\mathcal{J}'$: soit $\mathcal{B}_0 \subset \mathcal{B}$ la boule $\|B\| \leqq 1$. Une fonctionnelle linéaire φ sur $\mathcal{B}$ appartient à $\mathcal{J}'$ si, et seulement si, l'une des quatre propriétés suivantes, équivalentes, est vérifiée : *a*. $\varphi(B)$ est limite, uniforme sur $\mathcal{B}_0$, de fonctionnelles du type $\sum_{i=1}^{n}(Bt_i, u_i)$ (t_i, u_i : vecteurs fixes de H; nous désignerons l'ensemble de ces fonctionnelles particulières par $\mathcal{E}$); *b*. Il existe deux systèmes orthonormaux, (ε_i), (ε'_i), et une suite de nombres réels (a_i) tels que $\sum_{i=1}^{\infty}|a_i| < +\infty$, avec $\varphi(B) = \sum_{i=1}^{\infty} a_i(B\varepsilon_i, \varepsilon'_i)$; *c*. φ est T_3 — continue; *d*. φ est T_1 — continue sur $\mathcal{B}_0$.

3. *Topologies sur* $\mathcal{B}$. — Tout ensemble de fonctionnelles linéaires sur $\mathcal{B}$ définit sur $\mathcal{B}$, comme on sait, une topologie du type *faible* (²). Ainsi, $\mathcal{E}$ définit précisément T_1. Soient T_5 et T_6 les topologies définies par $\mathcal{J}'$ et $\mathcal{B}'$. On a, entre les T_i, les relations résumées par le tableau suivant, (où $\prec$ signifie : plus fine que) :

$$\begin{array}{ccccc} T_4 & \prec & T_3 & \prec & T_2 \\ \curlywedge & & \curlywedge & & \curlywedge \\ T_6 & \prec & T_5 & \prec & T_1. \end{array}$$

4. *Fonctionnelles linéaires continues sur* $\mathcal{B}$. — Elles dépendent de la topologie choisie sur $\mathcal{B}$. Mais deux topologies d'une même colonne du tableau précédent conduisent aux mêmes fonctionnelles, à savoir celles de $\mathcal{B}'$ pour T_4, T_6, de $\mathcal{J}'$ pour T_3, T_5, de $\mathcal{E}$ pour T_2, T_1.

Ces topologies étant localement convexes, il en résulte que les sous-espaces vectoriels fermés dans $\mathcal{B}$ sont les mêmes pour deux topologies d'une même colonne [en particulier, les sous-espaces vectoriels fortement et faiblement fermés sont identiques, propriété connue (³) seulement pour les sous-algèbres invariantes par l'opération $A \to A^*$].

5. Le fait que $\mathcal{B}$ puisse être considéré comme le dual de $\mathcal{J}'$ permet de lui appliquer les théorèmes profonds sur la fermeture *régulière* des sous-espaces vectoriels. Bornons-nous à énoncer des résultats quand H est séparable. Dans ce cas, les affirmations suivantes sont équivalentes, où V est un sous-espace vectoriel de $\mathcal{B}$: *a*. V est T_3-fermé; *b*. V est T_5-fermé; *c*. (resp. *d*, *e*, *f*),

---

(²) J. Dieudonné, *La dualité dans les espaces vectoriels topologiques* (*Ann. Éc. Norm. Sup.*, 59, 1942, p. 107-139).

(³) J. von Neumann, *Zur Algebra der Funktionaloperationen und Theorie der Normalen Operatoren* (*Math. Ann.*, 102, 1929, p. 370-427).

V contient la limite de toute suite convergente pour T_3 (resp. T_5, T_2, T_1) extraite de V.

6. *Applications aux anneaux d'opérateurs.* — Supposons H séparable. Soit V une sous-algèbre de $\mathcal{B}$ invariante par l'opération $A \to A^*$. Les affirmations suivantes sont équivalentes : *a.* (resp. *b, c, d*) V est fermée pour T_1 (resp. T_2, T_3, T_5); *e.* (resp. *f, g, h*) V contient la limite de toute suite convergente pour T_1 (resp. T_2, T_3, T_5) extraite de V.

Soit $M \subset \mathcal{B}$ un anneau d'opérateurs (sous-algèbre T_1-fermée de $\mathcal{B}$ invariante par l'opération $A \to A^*$). *a.* Soit $V \subset M$ un sous-espace vectoriel; le fait pour V d'être T_3-fermé est *purement algébrique* (4) dans M; *b.* Si V est une sous-algèbre, le fait pour V d'être un anneau d'opérateurs est *purement algébrique* dans M [théorème connu (5) jusqu'ici seulement quand M est un *factor* du type I_n ou II_1].

7. D'après des résultats classiques, l'espace normé $\mathcal{E}$ est presque complet. On peut montrer qu'il est de première catégorie, ce qui répond à un problème de Mackey (6).

GÉOMÉTRIE. — *Surfaces cubiques associées à un tétraèdre.* Note de MM. **René Blanchard, Robert Bouvaist** et **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

Les propriétés fondamentales du point de Lemoine d'un triangle s'étendent à un tétraèdre $T \equiv ABCD$, auquel on associe la surface cubique (Σ) de Cayley (1)

$$\frac{A}{x} + \frac{B}{y} + \frac{C}{z} + \frac{D}{t} = 0,$$

A, B, C, D désignant les aires des faces BCD, CDA, DAB, ABC.

1. Théorème. — *Dans un tétraèdre* T, *les plans tangents en* A, B, C, D *à la surface* (Σ), *déterminent un tétraèdre* $T' \equiv A'B'C'D'$, *tel que les droites* AA', BB', CC', DD' *concourent au premier point de Lemoine* K.

Les équations normales des plans tangents en B, C, D étant, en effet,

$$\frac{C}{z} + \frac{D}{t} + \frac{A}{x} = 0, \qquad \frac{D}{t} + \frac{A}{x} + \frac{B}{y} = 0, \qquad \frac{A}{x} + \frac{B}{y} + \frac{C}{z} = 0,$$

(4) J. von Neumann, *On some Algebraical properties of operator rings* (*Ann. of Math.*, 44, 1943, p. 709-715).

(5) F. J. Murray et J. von Neumann, *On rings of operators* IV (*Ann. of Math.*, 44, 1943, p. 716-808).

(6) G. W. Mackey, *On infinite-dimensional linear spaces* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 57, 1945, p. 155-207).

(1) Lieu des points dont les projections orthogonales sur les plans des faces de T sont coplanaires. Cette propriété, entrevue comme *probable* par Steiner (lettre à Jacobi du 25 mars 1845, publiée en 1903), fut énoncée par Beltrami et démontrée par Sartiaux (*Nouvelles Annales*, 1863, question 663, p. 336 et 1864, p. 367-371).

on a

$$\frac{B}{y}=\frac{C}{z}=\frac{D}{t}=-\frac{A}{2x}$$

et les coordonnées du point A′ sont proportionnelles à $-(A/2)$, B, C, D. Les droites AA′, BB′, CC′, DD′ sont donc les symédianes qui concourent au premier point de Lemoine K.

N. B. — Les coordonnées barycentriques de K, pour T′, sont

$$-\frac{A}{2}+B+C+D,\qquad A-\frac{B}{2}+C+D,\qquad A+B-\frac{C}{2}+D,\qquad A+B+C-\frac{D}{2}.$$

2. Théorème. — *Le tétraèdre* T *et le tétraèdre* $T_1 \equiv A_1B_1C_1D_1$ *ayant pour sommets les troisièmes intersertions des symédianes* AK, BK, CK, DK *avec la surface* (Σ), *sont homologiques, et le plan d'homologie se confond avec les plans polaires du point* K, *par rapport aux deux tétraèdres* T, T_1 *et à la surface* (Σ). (Plan de Lemoine de T.)

Les sommets de T_1 étant

$$A_1\equiv\frac{x}{-\frac{A}{3}}=\frac{y}{B}=\frac{z}{C}=\frac{t}{D},\quad\ldots,$$

et les plans des faces,

$$B_1C_1D_1\equiv-\frac{5x}{4}+\frac{y}{B}+\frac{z}{C}+\frac{t}{D}=0,\quad\ldots,$$

le plan $B_1C_1D_1$ rencontre le plan BCD suivant la droite

$$\frac{y}{B}+\frac{z}{C}+\frac{t}{D}=0,$$

de sorte que le plan polaire de K, par rapport à T, est

$$\frac{x}{A}+\frac{y}{B}+\frac{z}{C}+\frac{t}{D}=0.$$

D'autre part, si l'on pose $U\equiv(B_1C_1D_1)$, $V\equiv(C_1D_1A_1)$, $W\equiv(D_1A_1B_1)$, $S\equiv(A_1B_1C_1)$, le plan polaire de K, pour T_1, est

$$\sum X\left(\frac{U'_x}{U}+\frac{V'_x}{V}+\frac{W'_x}{W}+\frac{S'_x}{S}\right)\equiv\sum\frac{X}{A}=0.$$

Enfin, l'équation de (Σ) pouvant s'écrire

$$\Sigma A yzt=0=f(x,y,z,t),$$

le plan polaire de K, par rapport à (Σ), est

$$Xf'_x+Yf'_y+Zf'_z+Tf'_t=0,$$

pour

$$\frac{x}{A}=\frac{y}{B}=\frac{z}{C}=\frac{t}{D},\qquad\frac{X}{A}+\frac{Y}{B}+\frac{Z}{C}+\frac{T}{D}=0.$$

N. B. — 1° Le théorème s'étend à toutes les surfaces inverses normales d'un plan

$$\alpha x + \beta y + \gamma z + \delta t = 0.$$

2° Le point de coordonnées α, β, γ, δ a même plan polaire, par rapport au tétraèdre T et au tétraèdre de faces

$$\frac{\lambda x}{\alpha} + \frac{y}{\beta} + \frac{z}{\gamma} + \frac{t}{\delta} = 0, \qquad \frac{x}{\alpha} + \frac{\lambda y}{\beta} + \frac{z}{\gamma} + \frac{t}{\delta} = 0, \qquad \ldots.$$

Ce tétraèdre est polaire réciproque de T, pour la quadrique

$$(\lambda - 1)\left(\frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{z^2}{\gamma^2} + \frac{t^2}{\delta^2}\right) + \left(\frac{x}{\alpha} + \frac{y}{\beta} + \frac{z}{\gamma} + \frac{t}{\delta}\right)^2 = 0.$$

Corollaire. — *Les tétraèdres* T, T_1 *et le tétraèdre tangentiel* $T'_1 \equiv A'_1 B'_1 C'_1 D'_1$ *de* T_1, *par rapport à la surface* (Σ), *sont homologiques, le centre d'homologie et l'axe d'homologie étant le point* K *et le plan de Lemoine du tétraèdre* T.

En effet l'équation du plan tangent à (Σ) en A_1 étant

$$\frac{9x}{A} + \frac{y}{B} + \frac{z}{C} + \frac{t}{D} = 0,$$

ce plan rencontre le plan BCD suivant la droite

$$\frac{y}{B} + \frac{z}{C} + \frac{t}{D} = 0,$$

qui se confond avec l'intersection des plans BCD et $B_1 C_1 D_1$.

3. Toutes ces propriétés s'étendent aux surfaces cubiques

$$\frac{l}{x} + \frac{m}{y} + \frac{n}{z} + \frac{p}{t} = 0,$$

ayant les sommets du tétraèdre T pour points nodaux.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie des champs de vecteurs unitaires.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. J'ai étudié (¹) pour un champ de vecteurs unitaires $(x, \vec{X})$ les transformations T conservant les directions des vecteurs et la circulation $\int_\Gamma \vec{X} . \vec{dx}$ sur tout contour fermé Γ. Soient (C) la congruence du champ et (D) celle des courbes (de direction) le long desquelles $\vec{X}$ a une direction fixe. δ étant l'image sur une sphère unitaire de centre O des vecteurs $\vec{X}$ issus des points d'une même courbe D (δ = image de D), donnons-nous une surface *arbitraire* S et associons à D la normale (l'une des normales) N à S d'image sphérique δ. Établissons

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1163-1165.

une correspondance *arbitraire* [variable continûment avec le couple (D, N)] entre les points x et μ de D et N. A tout point x est associé un point μ, et la transformation $T[(x, \vec{X}) \rightarrow (x', \vec{X})]$ est celle qui fait correspondre à x le point $x' = x + \overrightarrow{O\mu}$. La Note actuelle est relative aux tranformations Θ, du type T, qui, *en même temps que les circulations conservent la congruence des courbes* C *du champ*. Ces transformations interviennent dans une étude géométrique que je développerai ailleurs. Leur recherche constitue un problème *équivalent à celui de la détermination des surfaces ayant une représentation sphérique donnée pour leurs lignes de courbure*, et j'en indique ici la construction générale.

2. Laissons de côté la solution fournie par les transformations T appliquées aux champs *rectilignes*, lesquelles sont aussi des transformations Θ. Une T est du type Θ si $\overrightarrow{dx} = k\vec{X}$ entraîne $\overrightarrow{dx'} = h\vec{X}$ (k, h = quantités infinitésimales), ce qui, d'après $x' = x + \overrightarrow{O\mu}$, donne l'équation $(k - h)\vec{X} + \overrightarrow{d\mu} = 0$. La solution $\overrightarrow{d\mu} = 0$, $k = h$ (translation du champ) étant écartée, l'équation précédente prouve que, lorsque x décrit une C, la normale N correspondante de S (n° 1) *engendre une développable de point caractéristique* μ. Le lieu des images δ des ∞^1 courbes D s'appuyant sur une C est donc l'image sphérique (δ) d'une ligne de courbure L de S, et cette image est l'indicatrice des tangentes de C. Les ∞^1 courbes C s'appuyant sur une même D ont même indicatrice (δ), car leurs indicatrices doivent passer par δ, et l'image sphérique d'une ligne de courbure de S de même système que L est déterminée par le fait de passer par δ. D'autre part, lorsque δ décrit (δ), la courbe D correspondante ne cesse de s'appuyer sur les ∞^1 courbes C précédentes. Les congruences (C) et (D) d'un champ susceptible d'une transformation Θ apparaissent ainsi comme ayant ∞^1 *surfaces communes* (surface de direction). Si nous appelons *couple stratifiant* tout couple de congruences admettant ∞^1 surfaces communes, nous pouvons dire que pour qu'un champ unitaire admette une transformation Θ il faut et il suffit que la congruence (C) de ses courbes et celle (D) de ses courbes de direction forment un couple stratifiant; les surfaces de stratification sont les surfaces de direction, et sur chacune d'elles les D constituent une famille de lignes d'ombre admettant les C pour conjuguées. Le champ $(x, \vec{X})$ le plus général transformable avec conservation simultanée des circulations et de la congruence de ses courbes s'obtient, en se donnant arbitrairement la famille des ∞^1 surfaces (σ) de direction, en choisissant arbitrairement sur chaque σ ∞^1 lignes d'ombre, et en prenant pour courbes C leurs conjuguées sur les différentes σ.

On a la transformation Θ la plus générale du champ en prenant, comme surfaces (S) de la construction indiquée numéro 1, les surfaces dont le réseau de courbure a pour représentation sphérique le réseau formé par les indicatrices des courbes C et leurs trajectoires orthogonales. Soit S l'une de ces

surfaces; si x est un point du champ, (δ) l'indicatrice de la courbe C passant par x, δ l'image de la tangente en x à C, N la normale à S de représentation sphérique δ, et μ le centre principal sur N de la ligne de courbure d'image (δ), Θ est la transformation qui fait correspondre à x le point $x' = x + \overrightarrow{O\mu}$.

3. A titre d'application très immédiate de la construction précédente, j'indique ici le procédé suivant de regroupement, sans altération de forme, de grandeur ni d'orientation, de ∞^1 bandes de contact cylindriques (bandes d'ombre) d'une surface σ sur une surface distincte σ' : On construit une courbe quelconque γ dont les tangentes sont parallèles aux génératrices des cylindres d'ombre, et l'on soumet chaque bande d'ombre à la translation $\overrightarrow{O\mu}$, O étant un point fixe, et μ le point de γ relatif à la bande envisagée. Si γ est choisie sur une sphère de centre O, dans la correspondance (par plans tangents parallèles) entre σ et σ' deux points homologues quelconques sont à une distance *constante*, et, les cas de deux surfaces déduites l'une de l'autre par translation ou de deux surfaces parallèles étant mis à part, les couples (σ, σ') ainsi obtenus sont *les seuls* réalisant une correspondance par plans tangents parallèles avec équidistance des points homologues.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des compressions brusques : les compressions par choc.* Note de Mlle **Madeleine Cornou**, transmise par M. Jean Cabannes.

Dans son étude sur les mélanges gazeux inflammables, Nernst (¹) remarque que « dans l'hypothèse d'une compression très brusque, c'est-à-dire à peu près adiabatique, la température d'inflammation peut se calculer d'après la grandeur de la compression et ainsi la mesure de la compression nécessaire pour produire l'inflammation nous fait connaître la température d'inflammation du mélange gazeux ». Cette remarque fut utilisée par de nombreux auteurs, en particulier par Falk et par Dixon dans leurs recherches sur la détermination de ce que l'on appelle généralement la température d'inflammation. C'est aussi de cette remarque que s'inspire M. André Pignot (²) lorsqu'il aborde le problème de l'auto-inflammation dans les mélanges carburés. Il admet que l'on peut caractériser l'inflammabilité d'un mélange carburé gazeux, homogène, par la valeur T donnée par la formule

$$T = T_0 \left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}$$

si T_0 est la température à laquelle est porté le mélange avant la compression et si, connaissant γ, on se donne préalablement le taux de compression $\rho = V_0/V$.

(¹) *Traité de Chimie générale*, 2e partie, 1912.

(²) *L'auto-inflammation des mélanges carburés.* Thèse de Doctorat, Paris, 1926.

Les différents auteurs admettent que la compression à laquelle est soumise la masse gazeuse est adiabatique du moment qu'elle est assez rapide. Plus particulièrement lorsque cette compression brusque est produite par la chute d'un poids sur la tête d'un piston, ils négligent d'en suivre l'évolution et ne tiennent aucun compte des anomalies qui peuvent provenir du choc lui-même. Pour remédier à cette lacune, nous avons repris les expériences précédentes en modifiant le dispositif expérimental de telle façon que nous puissions à chaque instant repérer les positions du poids et du piston par rapport au cylindre.

Les modifications réalisées nous permettent :

1° d'assurer la parfaite stabilité du cylindre au moment du choc;

2° d'étudier, pendant la compression, les variations du volume gazeux en fonction de la masse du mouton et de la vitesse d'impact;

3° d'étudier simultanément la variation de la pression à l'intérieur du cylindre.

Afin de suivre plus facilement les déplacements du poids et du piston par rapport au cylindre, nous avons placé des repères sur ces différents organes. Par enregistrement photographique, nous avons étudié tout d'abord l'immobilité du cylindre au moment du choc. Cette immobilité est bonne dans les limites des expériences réalisées. Nous avons étudié ensuite l'étanchéité du cylindre et nous l'avons trouvée satisfaisante par rapport à la durée très courte d'une expérience.

Ces essais préliminaires achevés, nous avons commencé l'étude des compressions brusques de l'air; ces compressions sont produites par le choc d'un mouton sur la tête du piston. Le mouton pesant $10^{k},1$ est abandonné à lui-même à des hauteurs comprises entre 50^{cm} et 200^{cm}; nous avons refait pour les mêmes hauteurs de chute ces expériences avec le mouton pesant $15^{k},230$.

L'enregistrement des déplacements fut fait sur film de 16^{mm} avec la camera Kodak ultra-rapide, laquelle fonctionnait à une vitesse voisine de 1 200 clichés par seconde. Afin de suivre les déplacements en fonction du temps, nous avons placé à côté du cylindre un appareil compteur de temps qui nous donnait le 1/50 de seconde comme base de temps.

A partir des films obtenus, nous avons pu tracer des courbes représentant en fonction du temps :

1° les déplacements du poids par rapport au cylindre; 2° les déplacements du piston par rapport au cylindre.

Les courbes tracées en prenant le 1/50 de seconde comme base de temps nous renseignent sur l'allure générale de ces déplacements, mais grâce à la vitesse à laquelle fonctionnait la camera, il est possible de suivre de beaucoup plus près ces déplacements. Il est particulièrement intéressant d'étudier les déplacements relatifs poids-piston dans les instants qui suivent immédiatement le choc. L'examen de ces courbes montre que la vitesse d'impact joue un rôle important dans ces déplacements. Dans tous les cas, les caractères des courbes sont profondément modifiés par les conditions dans lesquelles se produit le choc.

Nous poursuivons ces expériences systématiquement et indiquerons ultérieurement les résultats obtenus en ce qui concerne les variations simultanées du volume et de la pression du gaz dans le cylindre.

HYDRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude du coin d'huile.* Note de **Jacques Huetz**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. La théorie du coin d'huile, commencée par O'Reynolds, prévoit qu'au sein d'une lame de liquide visqueux, comprise entre deux surfaces en mouvement relatif de vitesse u_0, des différences de pression naissent, proportionnelles à u_0 et au coefficient de viscosité η.

Le contrôle expérimental a porté principalement, soit sur des paliers industriels où les mesures sont très délicates vu les faibles épaisseurs du film d'huile et les fortes variations de température et de pression qui introduisent une véritable hétérogénéité de la viscosité (1), soit dans le cas simple de coin d'huile compris entre deux plans inclinés l'un sur l'autre où l'on mesurait la pression maxima (2).

2. Il nous a paru intéressant d'étudier un coin d'huile épais de forme usuelle; il est compris entre deux cylindres : cylindre C_e de diamètre $2R = 5{,}312^{cm}$ et cylindre C_i de diamètre $2r = 5{,}000^{cm}$ dont les axes sont parallèles et décalés de $a = 1{,}12^{mm} \pm \varepsilon$; le jeu ε de l'axe de C_i par rapport aux coussinets, eux-mêmes solidaires de C_e, est de l'ordre de $0^{mm},01$. L'épaisseur du coin varie ainsi de $0^{mm},44$ à $2^{mm},68$. La hauteur de C_i est de 100^{mm}, la distance entre les joues de C_e, $100^{mm},03$. L'appareil est complété par des prises de pression pourvues de manomètres ou de vacuomètres et placées dans le plan de section droite de C_e à égale distance des joues. L'arrivée d'huile se fait en A et B, points où l'épaisseur passe par un extrema; il règne donc en ces deux points la pression de circulation, peu différente de la pression atmosphérique et que nous prendrons comme pression de référence.

Les avantages de cette disposition sont les suivants : l'épaisseur moyenne de la lame est supérieure à celle des paliers normaux; les pressions sont plus faibles, le volume d'huile grand, faits qui concourent à une meilleure homogénéité de η; les caractéristiques géométriques de la lame restent invariables, si l'on néglige l'incertitude de l'ordre de $0^{mm},01$, déjà signalée, pour une épaisseur moyenne de $1^{mm},6$.

3. La théorie de Reynolds et les hypothèses qu'elle implique conduisent,

---

(1) Beauchamp Tower, *Proc. Inst. Mech. Eng.*, 1883-1884.

(2) F. Charron, *Publ. scient. et tech. Ministère de l'Air*, n° 198.

pour une lame rectifiée à ([3])

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -6\eta\upsilon_0 \frac{h - h_1}{h^3}, \tag{1}$$

où h est l'épaisseur de la lame à l'abscisse x, h_1, sa valeur pour $\partial p/\partial x = 0$ et p, la pression à l'abscisse x. En comptant les abscisses à partir du point A où l'épaisseur est minima, on a, pour notre appareil $h = \mathrm{R} - r - a\cos(x/\mathrm{R})$ au deuxième ordre près. En remplaçant dans (1) et en intégrant, on a la valeur de la pression en tous points

$$\frac{p}{6\eta\upsilon_0}\, h_1 \mathrm{J}' - \mathrm{J}, \tag{2}$$

où

$$\mathrm{J} = 2\mathrm{R}\left[\frac{\mathrm{R} - r}{\mu^{\frac{3}{2}}\lambda^{\frac{3}{2}}} \operatorname{arc\,tg}\left(\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}}\,\mathrm{tg}\frac{x}{2\mathrm{R}}\right) + \frac{a}{\mu^2\lambda}\,\frac{\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}}{\dfrac{\lambda}{\mu} + \left(\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}\right)^2}\right],$$

$$\mathrm{J}' = \mathrm{R}\left[\frac{2(\mathrm{R} - r)^2 + a^2}{\mu^{\frac{5}{2}}\lambda^{\frac{5}{2}}} \operatorname{arc\,tg}\left(\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}}\,\mathrm{tg}\frac{x}{2\mathrm{R}}\right) + \frac{a[4(\mathrm{R} - r) - a]}{\mu^3\lambda^2}\,\frac{\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}}{\left[\dfrac{\lambda}{\mu} + \left(\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}\right)^2\right]} + \frac{2a^2}{\mu^4\lambda}\,\frac{\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}}{\left[\dfrac{\lambda}{\mu} + \left(\mathrm{tg}\dfrac{x}{2\mathrm{R}}\right)^2\right]^2}\right]$$

avec les conventions suivantes :

$$\mu = \mathrm{R} - r + a, \qquad \lambda = \mathrm{R} - r - a.$$

Le calcul est donc une extension de la théorie de Reynolds au cas particulier de l'appareil décrit.

Résultats expérimentaux. — Nos expériences se situent dans les limites suivantes : 0,5 à 5 poises pour η, 26 à 260 cm/sec pour u_0. Ces limites, eu égard aux dimensions géométriques de l'appareil, nous permettent de rester bien au-dessous du régime tourbillonnaire tel qu'on peut le prévoir à partir du nombre de Reynolds, en prenant comme grandeur caractéristique de l'appareil, l'épaisseur maxima de la lame. Les pressions enregistrables sur les manomètres vont de $\pm 4^g$ à $\pm(100^g/\mathrm{cm}^2)$.

Les deux parties de la lame de part et d'autre de AB présentent des pressions égales et de signe contraire en deux points symétriques. Les extrema de pression se trouvent placés là où les situe le calcul, soit à $\pm 31°$. Les valeurs de la pression en des points qui correspondent à $(x/\mathrm{R}) = \pm 31°$ et à $(x/\mathrm{R}) = \pm 45°$ sont également en concordance avec la théorie. A $\pm 90°$, toutes les mesures que nous avons faites dans les limites citées ci-dessus ont toujours donné des

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 535.

pressions telles que (ρ calculée — ρ mesurée)/ρ calculée = 40 % aux erreurs d'expérience près. Des mesures de pression à ± 135° n'ont pas pu être rendues suffisamment stables et précises pour qu'on en tienne compte; mais il semble cependant que le rapport ci-dessus est encore plus grand.

Conclusion. — Dans la partie voisine de l'épaisseur minima, les hypothèses de Reynolds se trouvent donc justifiées. Les anomalies constatées dans l'autre partie pourraient s'expliquer par la naissance de discontinuité de vitesse et d'anneaux permanents tels qu'ils ont été prévus théoriquement par H. de Beaumont ([3]). Comme dans les phénomènes Guillet, les forces de viscosité resteraient linéaires en fonction de η et de v_0, ce que nous avons déjà constaté pour les forces tangentielles ([4]).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les transformées, par les opérateurs* Λ *et* Φ, *des fonctions intégro-exponentielles* K_n. Note (*) de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

Les équations intégrales de Milne :

$$(1)\qquad B(\tau)=\Lambda_\tau(B)=\frac{1}{2}\int_0^\infty B(t)\,K_1(|t-\tau|)\,dt,$$

$$(2)\qquad F=\Phi_\tau(B)=2\int_\tau^\infty B(t)\,K_2(t-\tau)\,dt-2\int_0^\tau B(t)\,K_2(\tau-t)\,dt,$$

et les opérateurs correspondants Λ et Φ, jouent un rôle important dans les problèmes de l'équilibre radiatif et de la diffusion des neutrons. L'itération d'une expression de B linéaire (Milne, Eddington, Unsöld-Maue) ou exponentielle (Placzek, Unsöld), au moyen de (1), se trouve arrêtée, dès une première application de Λ, par l'apparition des fonctions K_n, dont les transformées λ_n par Λ sont évaluées pour la première fois numériquement dans cette Note. De même, l'application des méthodes variationnelles (Le Caine, Kourganoff) introduit les transformées φ_n par Φ des fonctions K_n, dès qu'on adopte celles-ci comme fonctions de base du développement de B. Enfin, la connaissance des φ_n est indispensable pour l'adaptation au développement suivant les K_n, et à l'équation (2), d'une méthode proposée récemment par Unsöld, et qui sera exposée prochainement sous le nom de *méthode des n points*.

Écrivons dans λ_n et dans φ_n, K_n, K_1 et K_2 sous leur forme intégrale, et intervertissons l'ordre des intégrations. Un calcul élémentaire donne

$$\frac{1}{2}\varphi_n=2N_{n+1}-M_{n+1}+2K_{n+1}+\sum_{p=-1}^{n-3}\frac{K_{n-p}}{p+2},\qquad 2\lambda_n=M_n-2N_n-\sum_{p=0}^{n-2}\frac{K_{n-p}}{p+1}=2K_n+\frac{\varphi'_n}{2},$$

([4]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1205.

(*) Séance du 3 novembre 1948.

où φ'_n désigne la dérivée de φ_n, et M_n et N_n les transcendantes ([1])

$$M_n(\tau)=\int_1^\infty \frac{e^{-\tau t}}{t^n}\,\frac{\log_e(t+1)}{t}\,dt,\qquad N_n(\tau)=\int_1^\infty \frac{e^{-\tau t}}{t^n}\,\frac{\log_e(t-1)}{t}\,dt,$$

M_n et N_n s'expriment en fonction de M_0 et de N_0 grâce aux relations

$$nM_n=-\tau M_{n-1}+e^{-\tau}\log_e 2+(-1)^n e^{\tau}K_1(2\tau)+K_n-K_{n-1}+K_{n-2}-\ldots+(-1)^{n-1}K_1,$$
$$-nN_n=\tau N_{n-1}+(C+\log_e\tau)e^{-\tau}+K_n+K_{n-1}+K_{n-2}+\ldots+K_1.$$

Or, en développant en série $\log_e(1\pm t^{-1})$ dans M_0 et dans N_0, on trouve

$$M_0=K_1^{(2)}+\sum_{p=2}^{\infty}(-1)^p\frac{K_p}{(p-1)},\qquad N_0=K_1^{(2)}-\sum_{p=2}^{\infty}\frac{K_p}{(p-1)},\tag{3}$$

où $K_1^{(2)}$ est une transcendante déjà introduite par H. C. van de Hulst ([2])

$$K_1^{(2)}(\tau)=\int_1^\infty \frac{e^{-\tau t}}{t}\log_e t\,dt=\int_\tau^\infty \frac{K_1(t)}{t}\,dt,$$

et dont cet auteur a donné un développement très convergent.

Remplaçant dans (3) les fonctions $K_1^{(2)}$ et K_p par leurs expressions au moyen de séries entières, on trouve

$$M_0=l\,\mathrm{E}i(\tau)-\frac{1}{2}l^2+\frac{\pi^2}{6}+\log_e 2[K_1(\tau)+\mathrm{E}i(\tau)]-\sum_{p=1}^{\infty}a_p\frac{\tau^p}{p\,!\,p},\tag{4}$$

$$N_0=-lK_1(\tau)-\frac{1}{2}l^2-\frac{\pi^2}{12}-\sum_{p=1}^{\infty}(-1)^p\frac{\tau^p}{p\,!\,p^2};\tag{5}$$

$$l=C+\log_e\tau,\qquad C=\text{const. d'Euler},\qquad \mathrm{E}i(\tau)=-K_1(-\tau);\tag{6}$$

$$\begin{cases} a_{2q}=2\left(1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}+\ldots+\frac{1}{2q-1}\right)+\frac{1}{2q},\\ a_{2q+1}=2\left(1+\frac{1}{3}+\ldots+\frac{1}{2q+1}\right)+\frac{1}{2q+1}.\end{cases}\tag{7}$$

Les séries contenues dans (4) et (5) convergent très rapidement, et les termes en K_1 et $\mathrm{E}i$ s'obtiennent au moyen des tables des fonctions $\mathrm{E}i(\pm\tau)$; c'est ainsi que nous avons calculé la table donnée ci-après.

Nous montrerons prochainement comment l'utilisation de cette table permet d'obtenir des solutions pour la fonction source B, plus *simples* et plus précises que toutes celles publiées jusqu'ici.

([1]) M_n et N_n sont d'ailleurs liées simplement aux images de Laplace de $(1+t)^{-n}\log(t+a)$.

([2]) H. C. VAN DE HULST, *Ap. J.*, **107**, 1948, p. 220.

τ.	$10^8 N_0$.	$10^8 M_0$.	$10^7 \lambda_2$.	$10^7 \lambda_3$.	$10^7 \lambda_4$.	$10^7 \varphi_2$.	$10^7 \varphi_3$.	$10^7 \varphi_4$.
0,00......	∞	∞	2 500 000	1 477 157	1 041 667	+4 091 371	+2 500 000	+1 788 156
0,01......	+733 990 837	970 056 276	2 679 164	1 576 957	1 110 215	+3 806 530	+2 363 298	+1 699 023
0,02......	+482 431 726	710 584 812	2 786 718	1 641 013	1 155 053	+3 543 634	+2 233 480	+1 613 989
0,03......	+358 516 946	579 793 712	2 867 285	1 691 307	1 190 771	+3 297 959	+2 109 579	+1 532 474
0,05......	+227 126 496	436 483 182	2 981 534	1 767 329	1 245 869	+2 849 092	+1 877 407	+1 378 779
0,10......	+ 93 306 866	278 872 257	3 121 311	1 877 348	1 329 876	+1 916 817	+1 372 975	+1 040 415
0,20......	+ 10 198 276	161 192 425	3 127 169	1 933 854	1 385 327	+ 600 392	+ 608 577	+ 514 686
0,30......	− 16 201 029	109 518 496	2 985 432	1 890 223	1 368 729	− 250 369	+ 75 058	+ 136 061
0,40......	− 26 067 162	79 989 193	2 787 548	1 800 671	1 316 840	− 804 906	− 297 739	− 136 717
0,60......	− 29 615 040	47 703 687	2 351 939	1 569 572	1 167 865	−1 378 100	− 727 601	− 466 776
0,80......	− 26 660 944	30 877 857	1 941 430	1 329 353	1 003 704	−1 552 977	− 902 227	− 615 563
1,00......	− 22 447 504	20 954 512	1 585 184	1 108 554	847 604	−1 531 493	− 937 885	− 660 767
1,50......	− 13 336 648	8 937 121	934 667	680 286	533 449	−1 182 573	− 780 856	− 576 028
2,00......	− 7 638 623	4 189 576	544 562	407 954	316 127	− 801 822	− 553 824	− 420 356
2,50......	− 4 346 079	2 072 802	316 234	242 219	196 642	− 515 037	− 367 265	− 284 643
3,00......	− 2 474 574	1 062 086	183 595	143 147	117 697	− 321 780	− 235 133	− 185 265
∞	0	0	0	0	0	0	0	0

ASTROPHYSIQUE. — *Photométrie photographique de la Comète Bester* (1947 *k*). Note (*) de MM. **Fernand Baldet** et **Charles Bertaud**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons observé photométriquement la comète Bester (1947 *k*) à l'Observatoire de Meudon, du 9 mars au 7 mai 1948, par une méthode extrafocale étudiée et utilisée par l'un de nous, sur les comètes, depuis 1936 et contrôlée sur les amas globulaires. On met à profit les aberrations d'un ancien objectif à portrait de Voigtlander (F = 60^{cm}, F/4,5) qui transforment l'image extrafocale d'une étoile en une plage dégradée et diffuse semblable à celle donnée par la tête des comètes. La comparaison visuelle ou microphotométrique des images cométaire et stellaires voisines (champ de 5°) donne, par interpolation, la magnitude de la *tête* de la comète. L'expérience a montré que le résultat était indépendant de la durée de l'exposition dans les limites de 1 à 10 environ. L'erreur interne ne paraît pas dépasser, dans les cas habituels, ± 0,03 magnitude. Les erreurs systématiques étudiées par l'un de nous sur différents types d'amas globulaires, dans le Saggittaire, à l'Observatoire du Pic du Midi, en 1945, avec le même appareil que nous y avions transporté, se sont montrées trés petites à condition de prendre des images extrafocales dont les dimensions soient en rapport avec celles de l'amas.

Nous avons utilisé les plaques Guilleminot *Superfulgur* sensibles au bleu et au violet. Le spectre de la comète obtenu sur les mêmes plaques s'étend de 5100 à 3600 Å et montre que la plus grande partie de la lumière émise par la comète,

(*) Séance du 3 novembre 1948.

dans cette région, est essentiellement donnée par les deux groupes de bandes de C_2 à 4737 Å et CN à 3883 Å, les autres radiations et le fond continu étant relativement très faibles.

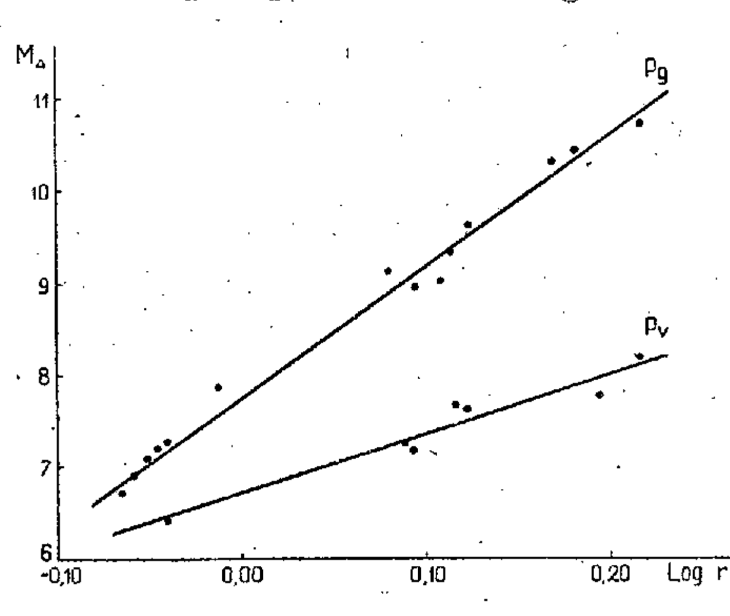
Voici le résumé des observations :

1948.	(TU).	log Δ.	log r.	M.	M_Δ.
Mars	9,19	+0,0626	−0,0655	7,01	6,70
»	11,18	+0,0457	−0,0555	7,10	6,87
»	12,19	+0,0370	−0,0506	7,27	7,08
»	13,18	+0,0282	−0,0453	7,34	7,20
»	14,18	+0,0191	−0,0400	7,38	7,28
»	19,18	−0,0269	−0,0137	7,74	7,87
Avril	6,06	−0,1302	+0,0788	8,47	9,12
»	9,13	−0,1249	+0,0938	8,34	8,96
»	12,09	−0,1118	+0,1079	8,46	9,02
»	13,08	−0,1062	+0,1126	8,81	9,34
»	15,12	−0,0937	+0,1222	9,05	9,52
»	25,88	+0,0052	+0,1688	10,37	10,34
»	28,90	+0,0358	+0,1813	10,60	10,42
Mai............	7,94	+0,1245	+0,2159	11,50	10,70

Le tableau donne, en regard de la date d'observation, les logarithmes des distances Δ à la Terre et r au Soleil, la magnitude observée M et la magnitude réduite M_Δ à la distance $\Delta = 1$ UA.

Les magnitudes photographiques des étoiles de comparaison (6 en moyenne par cliché, choisies pour avoir une séquence homogène) ont été prises dans le *Henry Draper Catalogue*. Les plaques des 12 et 13 avril comportent trois poses de 5, 10 et 15 minutes qui ont donné des valeurs concordantes à 0,01 mag. près.

La représentation graphique de la magnitude réduite M_Δ en fonction de



Pg = magnitudes photographiques (Meudon).
Pv = magnitudes photovisuelles (Haute Provence).

log r montre que les observations sont assez bien représentées par une droite dont l'équation est

$$M_\Delta = 7,74 + 14,40 \log r = 7,74 + 2,5 \log r^{5,76}.$$

L'éclat absolu a donc varié proportionnellement à $1/r^{5,76}$. En fait, la comète a présenté quelques légères fluctuations d'éclat : du 9 au 19 mars elle a diminué d'intensité un peu plus rapidement que ne l'indique la formule et, entre les 6 et 15 avril, elle a subi une légère augmentation d'éclat d'environ 0,2 mag.

La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus par M. P. Bacchus à

*

l'Observatoire de Haute-Provence sur la même comète ([1]), par la méthode du cercle oculaire de Fabry, est fort intéressante. L'observateur a utilisé des plaques panchromatiques et un filtre jaune clair. La bande des longueurs utiles s'étendait de 4350 à 6500 Å, donnant, par conséquent, des magnitudes sensiblement photo-visuelles. Elle comprenait essentiellement les bandes de C_2. Les sept observations se placent également assez bien sur une droite d'équation

$$M_\Delta = 6,75 + 2,5 \log r^{2,54}$$

dont la pente est donc bien différente de celle obtenue dans le domaine photographique, puisque l'indice de r a passé de 5,76 à 2,54. L'indice de couleur, qui était de $+0^m,5$ le 9 mars à la distance $r = 0,860$, est passé à $+2^m,7$, le 7 mai pour $r = 1,644$, montrant que les bandes de la région photographique, en particulier celles de CN à 3883 Å, ont faibli plus rapidement que celles de C_2 de la région visuelle.

On voit, par cet exemple typique, combien la valeur de l'indice de r dépend des radiations sur lesquelles les observations ont porté; et l'intérêt qu'il y aurait à déterminer les magnitudes monochromatiques des comètes correspondant à des molécules déterminées (CN, C_2, CH, CH_2, ...) en fonction de leurs distances héliocentriques.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la possibilité de présence des bandes de* OH^+ *dans les spectres cométaires.* Note (*) de Mme **Renée Herman**, présentée par M. André Danjon.

Depuis longtemps, G. Herzberg ([1]), P. Swings ([2]), R. Herman ([3]) et, plus récemment, Tcheng Mao Lin et Ch. Fehrenbach ([4]) et Ch. Fehrenbach ([5]) ont comparé le groupe 4050, observé dans les spectres cométaires, à celui obtenu au laboratoire. Cette comparaison s'est montrée en faveur de l'identité des deux systèmes. Il serait illusoire de chercher un accord numérique trop poussé étant donné les divergences existant entre les différentes séries de mesures faites, tant sur les spectres cométaires que sur ceux de laboratoire. Ceci tient aux différences instrumentales (dispersion, spectrographe à fente ou prisme-objectif), à l'intensité relative du système ainsi qu'au procédé de mesure. Nous donnerons à titre d'indication, dans le tableau ci-contre, diverses déterminations des traits les plus saillants du spectre.

On voit, par l'examen de ce tableau, que, dans certains cas, le désaccord des mesures individuelles peut atteindre 2 à 3 Å. Il est possible, en outre, que

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 521.

(*) Séance du 18 octobre 1948.

([1]) *Astrophysical Journal*, 96, 1942, p. 314.

([2]) *Monthly Notices*, 103, 1943, p. 86.

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 281.

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1345.

([5]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 519.

certains écarts soient dus à des différences de distance de la comète au Soleil, le développement des raies de rotation pouvant être influencé par cette distance. Dans la limite de précision de ces mesures, l'accord peut être considéré comme satisfaisant entre les déterminations faites au laboratoire et celles effectuées sur les spectres cométaires.

Laboratoire Herman (dispersion).		Comètes.					
25 Å/mm.	5 Å/mm.	Baldet (*).	Swings ([6]) 1940 *c*.	Dufay ([7]) 1942 *g**	Tcheng 1946 *a*.	Fehren. 1946 *b*.	Fehrenbach 1948 *g*.
4074,1	4074,6	4074,0	4074,4	4073,6	4072,6	4074,3	4073,6
					4070,3		
4050,2	4050,9	4051,6	4051,6	4051,6	4048,9	4052,2	4050,9
	4049,9			4049,0		4049,5	
4021,2	4019,8	4020,1	4019,4	4021,0	4018,0	4020,8	4018,6
	4018,5			4017,3		4018,4	
3994,9	3991,1	3993,1	3992,6	3992,9		3993,2	3991,6

(*) Mesures au prisme-objectif.

Étant donné le travail de J. Hunaërts ([8]) qui conclut à une contribution importante de la bande (0,1) du système $^3\Pi - {}^3\Sigma$ de OH^+ aux spectres cométaires dans la région 3987-4033 Å, il était intéressant de rechercher si, qualitativement et quantitativement, cette bande peut rendre compte, au moins en grande partie, du groupe 4050. Nous avons donc repris, au laboratoire, l'étude de OH^+ afin de comparer directement la bande (0,1) du système $^3\Pi - {}^3\Sigma$ à celle observée précédemment (attribuée à CH_2 par Herzberg) et que nous avons photographiée récemment avec une dispersion plus grande.

La comparaison effectuée par Hunaërts montre, pour les radiations de longueur d'onde inférieure à 4033 Å, un accord numérique assez bon, du même ordre que celui signalé ci-dessus avec le groupe 4050 de laboratoire. Il faut remarquer toutefois que cet auteur s'est limité à un domaine assez étroit de longueur d'onde et à la partie la moins intense du spectre cométaire. Ceci résulte du fait qu'il admet une basse température, limitant la bande aux premiers termes de rotation. Une telle hypothèse, légitime *a priori*, écarte les radiations de plus grande longueur d'onde, alors que, dans les comètes, le maximum d'émission a lieu pour 4050 Å. Il faudrait donc admettre des émetteurs différents pour la partie située du côté des plus courtes longueurs du groupe dit 4050 et le reste de celui-ci.

Nous ne pensons pas qu'une telle hypothèse soit possible en raison de l'homogénéité de ce groupe au point de vue des intensités relatives et de la structure de rotation des différentes bandes qui le constituent. De plus, comme

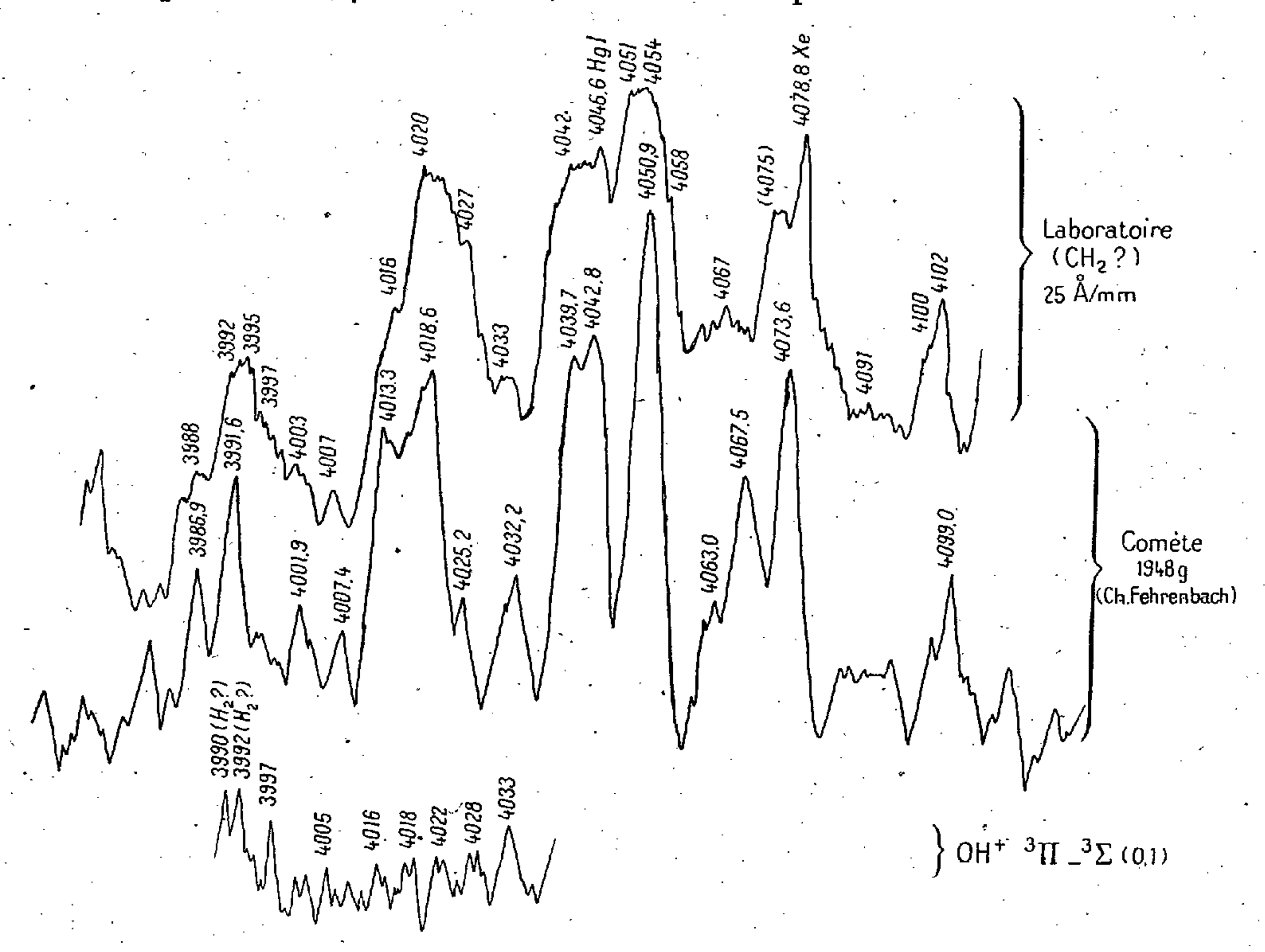
([6]) C. T. Elvey et H. W. Babcock, *Astrophys. Journal*, 94, 1941, p. 320.

([7]) J. Dufay et Tcheng Mao Lin, *Cahiers de Physique*, n° 27, 1945, p. 39.

([8]) *Bulletin Astronomique*, III, 1945, p. 320.

nous le montrerons en détail dans un autre travail, l'étude, au laboratoire, des bandes composant le groupe 4050 avec une dispersion de 5 Å par millimètre permet de mettre en évidence une structure de rotation beaucoup plus serrée et entièrement différente de la bande (0,1) de OH^+. Remarquons, en outre, que la bande (0,0) du système $^3\Pi - ^3\Sigma$ ne figure pas sur nos clichés du groupe 4050 pris avec un spectrographe à optique de quartz.

Au point de vue quantitatif, on peut voir immédiatement sur la figure ci-contre que, dans le cas de OH^+, on n'observe pas de concentration de raies



importante entre 3987 et 4033 Å, alors que les maxima des deux autres spectres se correspondent. Il faut noter, toutefois, que l'intensité relative des maxima secondaires est variable, au laboratoire, comme dans les spectres cométaires.

En résumé, il est possible que OH^+ existe dans les comètes au même titre que CH^+, mais, dans toutes les régions spectrales où l'on peut rechercher le système $^3\Pi - ^3\Sigma$, il est masqué par d'autres bandes beaucoup plus intenses.

GÉODÉSIE. — *Sur la construction d'un réseau gravimétrique au Grand-Duché de Luxembourg.* Note de MM. **Louis Cagniard, Albert Gloden** et **Michel Lucius**, présentée par M. André Danjon.

Sous le Haut patronage de M. le Ministre des Travaux Publics et de M. le Ministre de l'Éducation Nationale du Grand-Duché de Luxembourg,

nous avons, du 6 au 19 octobre dernier, mesuré les variations brutes de l'intensité g de la pesanteur sur l'ensemble du territoire luxembourgeois.

A l'époque où toutes les nations d'Europe occidentale ont achevé ou sont sur le point d'achever leur carte gravimétrique, aucune mesure de pesanteur n'avait encore été effectuée au Luxembourg. Il en résultait, sur la carte d'Europe, une lacune de 2600^{km^2} d'autant plus regrettable que le Grand-Duché, par sa situation géographique, constitue le trait d'union naturel entre France, Belgique et Allemagne, l'endroit où doit s'opérer, dans les meilleures conditions, le raccordement des trois réseaux nationaux basés respectivement sur les valeurs absolues de g mesurées à Paris, Uccle et Potsdam.

Un gravimètre moderne « North American » fut mis à notre disposition par l'Office de la Recherche Scientifique coloniale pendant que la Direction générale des Ponts et Chaussées du Grand-Duché nous assurait des moyens de travail efficaces.

Tous les circuits parcourus débutèrent à Luxembourg et s'y refermèrent après un trajet de 5 heures au maximum. Un seul circuit d'une durée de 10 heures fut exécuté dans le Nord du pays : encore ce circuit comportait-il en son milieu une mesure de contrôle à Clervaux, station préalablement rattachée à Luxembourg par un circuit de courte durée. Le plus gros écart de fermeture constaté au cours des mesures fut de $0^{mgal},13$. Aussi pouvons-nous estimer que, après la correction de dérive, toutes les stations du réseau se trouvent rattachées à la station centrale Luxembourg-Athénée avec une précision de quelques centièmes de mgal. Les plus grandes anomalies brutes, rapportées à Luxembourg-Athénée, ont été constatées à Bettendorf ($+42^{mgal},67$) et à Kœtschette ($-21^{mgal},88$).

Le réseau luxembourgeois proprement dit comporte 96 stations, soit une pour $26^{km^2},9$. L'écartement des stations, $5^{km},19$, fait de ce réseau un des plus serrés d'Europe. Étant données la densité exceptionnelle du réseau, la précision des mesures et celle des données géologiques de surface, il est à présumer que la carte gravimétrique ne présentera pas seulement un intérêt géodésique, mais permettra aussi de confirmer les grands traits de la structure hercynienne masquée dans le Gutland sous quelques centaines de mètres de recouvrements d'âge secondaire.

Bastogne ($-8^{mgal},00$), station de premier ordre du réseau belge, a pu être raccordée à Luxembourg, via Arlon, avec la collaboration de MM. Jones et Letroye. Une station à Trèves ($+49^{mgal},37$) facilitera un raccordement ultérieur avec le réseau allemand. Enfin les stations de Longwy ($-6^{mgal},70$), Reims ($-6^{mgal},67$), Paris-Observatoire ($-36^{mgal},98$) assurent le raccordement avec le réseau français.

Dans le système de Paris, nous caractérisons donc la station belge de Bastogne par

$$g = 980,971.98 \text{ gals},$$

avec une erreur probablement inférieure à 0,1 mgal.

Dans le système d'Uccle, en opérant avec un gravimètre Nørgaard, les Belges ont obtenu pour cette même station

$$g = 980,\ 970.75 \pm 0,35 \text{ mgal}.$$

Il résulterait de là, entre les valeurs absolues de g à Paris et à Uccle, un désaccord de

$$1,23 \pm 0,45 \text{ mgal}.$$

Il est à souhaiter qu'une liaison rapide aérienne Paris-Bruxelles-Paris permette, dans un avenir proche, de déterminer la valeur de cette divergence avec une précision supérieure.

CHALEUR. — *Sommation, en termes finis, des séries de Fourier les plus générales, en tout point hors de l'intervalle où elles ont été formées.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué à diverses reprises l'extrême intérêt, qui semble avoir échappé à Fourier, de la solution des problèmes de thermocinétique mise sous une forme se prêtant à l'étude des *temps brefs*, ce qu'on réaliserait [1] en appliquant l'intégrale de Laplace à la loi de distribution initiale des températures donnée par hypothèse à l'intérieur du système, et qu'il s'agit donc de prolonger en dehors de ses limites $x = 0$ et $x = l$.

Cette distribution $F(x)$ étant développée en série de Fourier (non nécessairement trigonométrique),

$$(1) \qquad P(x) + Q(x) = \Sigma A_u \cos\varphi_u \cos(ux : l) + \Sigma A_u \sin\varphi_u \sin(ux : l),$$

où les u sont les racines successives d'une équation transcendante, nous avons appris [2] à déterminer les singularités de ce développement, qui sont souvent $0, 2l, 4l, \ldots$. Le développement (1) est valable entre les deux premières singularités, où il serait inutile puisque, là, F est connue *a priori*; mais nous verrons qu'on ne peut franchir la singularité sans la connaissance explicite de P et de Q.

En remarquant que les dérivées successives de P et Q donnent des développements de même type, dont les coefficients sont multipliés par des puissances de u, nous avons montré [2] qu'on pouvait écrire une équation différentielle en P et Q linéaire et à coefficients constants, à partir de l'équation transcendante en u, supposée donner $u \operatorname{tg}\varphi_u$ par une fonction rationnelle de u^2, φ_u étant

---

(*) Séance du 27 octobre 1948.

[1] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 590.

[2] *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 364.

lié simplement à u. En éliminant Q, par exemple, puisque l'on connaît, entre o et l, la somme $(P + Q)$ égale à F, on pourrait, par l'équation différentielle, calculer P (et par suite Q) si l'on connaissait les conditions aux limites.

On aborde les intervalles de continuité suivants par un changement d'origine des x (X sera la nouvelle abscisse), qui fera apparaître, dans les coefficients du développement (1), des termes en $\cos au$ et $\sin au$; et, combinant l'équation transcendante en u avec l'équation rationnelle qui donne $\operatorname{tg} au$ en fonction de $\operatorname{tg} u$, on formera une nouvelle équation différentielle permettant, à partir des fonctions P et Q de l'intervalle précédent, de calculer le nouveau développement, sous la condition, là encore, que l'on puisse connaître les conditions aux limites.

Or, pour peu que l'ordre de l'équation différentielle soit un peu notable, on ne saura rien préciser sur les conditions aux limites des fonctions P et Q. On sait bien *a priori* que les développements en $\sin(uX:l)$ sont nuls pour $X = 0$, mais par suite de la discontinuité en ce point d'une des premières dérivées de P ou Q, la série de Fourier ne la représente plus, et l'on ignore sa valeur initiale.

Contrairement à ce que nous avions cru ([2]), le problème n'est donc pas, en général, résolu. Mais on trouve immédiatement la solution en remarquant que les intégrations terme à terme (toujours légitimes) des développements (1) introduisent dans les coefficients, en dénominateurs, il est vrai, mais c'est sans importance, les puissances de u dont nous avions besoin pour tirer de l'équation en u une équation différentielle.

Dans ces conditions, si l'équation doit être du $p^{\text{ième}}$ ordre, on introduirait les développements Φ et Ψ obtenus en intégrant p fois, terme à terme, P et Q. Il y a, cette fois, identité en tout point entre les développements et les fonctions représentées, et ceci subsiste certainement jusqu'aux dérivées d'ordre $(p - 1)$. On écrira donc sans peine les conditions aux limites nécessaires, en exprimant la nullité, pour $X = 0$, des développements en $\sin(u, X:l)$.

Il subsiste cependant une difficulté, c'est qu'en intégrant $\sin(uX:l)$ de o à X, on fait apparaître non seulement $\cos(uX:l)$, mais une constante d'intégration différente de zéro. Or, il se trouve que ces constantes d'intégration se calculent par des valeurs de la fonction F(X) dans des intervalles où l'on en possède déjà une expression explicite.

On a donc à intégrer, de proche en proche, des équations différentielles d'ordre p, linéaires à coefficients constants (l'équation caractéristique a une racine multiple d'ordre p), avec second membre exponentiel et polynome, ce qui donne Φ et Ψ, d'où l'on déduit P et Q, et par suite la fonction $F(x)$ cherchée.

Comme les problèmes extrêmement variés que nous avons traités ne nous ont jamais conduit, pour les racines u, à une équation transcendante qui ne fût l'expression de $u \operatorname{tg} \varphi_u$ par une fonction rationnelle de u^2, φ_u étant toujours très

simplement lié à u, nous pouvons considérer que la procédure indiquée permet toujours de sommer en termes finis le prolongement d'un développement de Fourier hors de l'intervalle où il a pris naissance, si complexe que soit le problème thermocinétique qui y ait conduit. Mais les calculs, élémentaires, sont pénibles. Les détails en seront donnés dans un autre Recueil ([3]).

THERMODYNAMIQUE. — *Apparition du facteur α de la structure fine de Sommerfeld dans le mécanisme des interactions dans le corps solide*. Note de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'ensemble des observations sur la situation, dans l'échelle des températures, des points de Curie et des points de fusion T nous avait amené à proposer une formule $T^2 = F^2 N$, où F est un facteur de la dimension d'une température et de l'ordre de 300° qui montre souvent une discontinuité de 14° (exemples 273, 287, 301, 315°) et N le nombre d'interactions localisées d'un atome avec ses voisins ([1]). Mais le mécanisme de ces interactions est resté obscur. Les considérations suivantes ont permis de nous faire une idée plus précise sur le mécanisme de ces interactions Φ auxquelles nous attribuons l'existence de l'état cristallin.

Dans un certain nombre d'éléments (Ga, Bi, Zn, Sr, Ca, Ba, I) N trouvé par la formule citée est égal au nombre V de voisins dans le réseau; ces interactions sont considérées comme permanentes. Dans d'autres éléments par contre (Cd, Hg, In, Tl, Pb, Br par exemple) N est inférieur à V, ce qui conduit à l'hypothèse que dans certains cas l'interaction Φ peut osciller entre divers voisins. On attribue ensuite le point de fusion de certains corps, situé au-dessous de la température ordinaire, à l'intervention d'une seule interaction Φ du type oscillant avec des facteurs qui peuvent varier entre le zéro absolu et la valeur habituelle.

Dans le cas où les voisins possèdent des situations géométriquement différentes, l'intensité d'interaction (représentée par les facteurs F_1, F_2, ...) peut être différente et nous proposons la formule $T^2 = F_1^2 N_1 + F_2^2 N_2, \ldots$.

En admettant qu'on puisse attribuer à l'interaction Φ une certaine longueur l_Φ proportionnelle à la valeur de F, on peut tenter sa détermination dans un cas spécialement favorable, celui du gallium (T = 303°K). Des considérations sur la variabilité de F en fonction du nombre atomique ([2]) montrent que le facteur F du gallium devrait être de 287°; mais l'expérience donne 303°. En admettant l'existence d'une interaction Φ permanente ($N_1 = 1$, $F_1 = 287$) avec

([3]) P. Vernotte, *Thermocinétique* (*Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, série Grise, fascicule 225).

([1]) R. Forrer, *J. de Phys.*, 9, 1938, p. 387.

([2]) R. Forrer, *J. de Phys.*, 8, 1937, p. 241.

l'unique voisin à la distance $d = 2,437$ Å et d'une interaction oscillante ($N_2 = 1$) avec les deux voisins à la distance $d' = 2,706$ Å, on trouve d'abord $F_2 = 97°$. En admettant ensuite que le phénomène d'interaction Φ occupe sur l'orbite, circulaire en général, une sécante, on peut déterminer sa longueur l_Φ ($l_\Phi = 1,25$ Å). En admettant maintenant que la discontinuité de 14° dans le facteur F provient d'une sorte de résonance entre des mouvements fins des électrons appartenant à des atomes voisins et que ce mouvement fin existe même sur les parties des orbites qui ne sont pas en interaction, on peut déterminer le nombre n_ε de ces mouvements fins par tour de l'électron sur l'orbite. Tout calcul fait, on trouve $n_\varepsilon = 136,3$. Ce nombre est très voisin de l'inverse de $\alpha = 1/137 = (2\pi e^2)/(h.\ c)$, facteur de la structure fine de Sommerfeld.

Ce qui précède nous conduit à attribuer de façon tout à fait générale au mouvement fin de l'électron les interactions Φ préconisées qui sont responsables de l'état cristallin.

Des vérifications expérimentales sont possibles puisqu'on peut prévoir à partir du facteur de Sommerfeld les discontinuités de distance dans le réseau cristallin dues aux discontinuités des facteurs F. L'accord est satisfaisant.

THÉORIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Sur le choix des chemins d'intégration dans le problème relatif au rayonnement d'un dipôle au-dessus d'un sol plan.* Note (*) de MM. **G. Eckart** et **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure [1] les auteurs ont fait ressortir que la condition d'existence d'ondes progressives (Ausstrahlungsbedingung) joue un rôle décisif dans le problème en question. Le rayonnement dû à des sources localisées dans un milieu homogène au-dessus d'un plan conducteur ne saurait contenir aucun terme correspondant à une onde dite de surface, car précisément une telle onde ne remplirait pas cette condition. Il faut donc choisir les contours d'intégration de manière à satisfaire à cette condition des ondes progressives. Dès lors, on arrive, dans le présent problème, au résultat suivant (*fig.* 1). En évaluant les intégrales prises le long du chemin 1 qui correspond à celui de Weyl [2], il n'apparaît aucun terme relatif à l'onde de surface (ainsi que le montre cet auteur). C'est pourquoi ce chemin conduit à la solution correcte.

En faisant passer le chemin d'intégration par le pôle situé au point indiqué par P sur la figure 1 [3], l'intégrale du problème se décompose en deux parties, à savoir, d'une part, le résidu dû au pôle qui donne précisément naissance à une

(*) Séance du 11 octobre 1948.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1513.

(2) Voir *loc. cit.* sous (1).

(3) On voit aisément qu'en posant $\lambda_P = \sqrt{k_1^2 k_2^2/(k_1^2 + k_2^2)}$, $|\lambda_P| < k_1$, $|\lambda_P| < k_2$.

onde de surface et, d'autre part, l'intégrale étendue le long de la coupure. D'après le théorème de Cauchy, la somme de ces deux parties doit être égale à l'intégrale prise selon le chemin 1. En d'autres termes, l'intégrale prise suivant

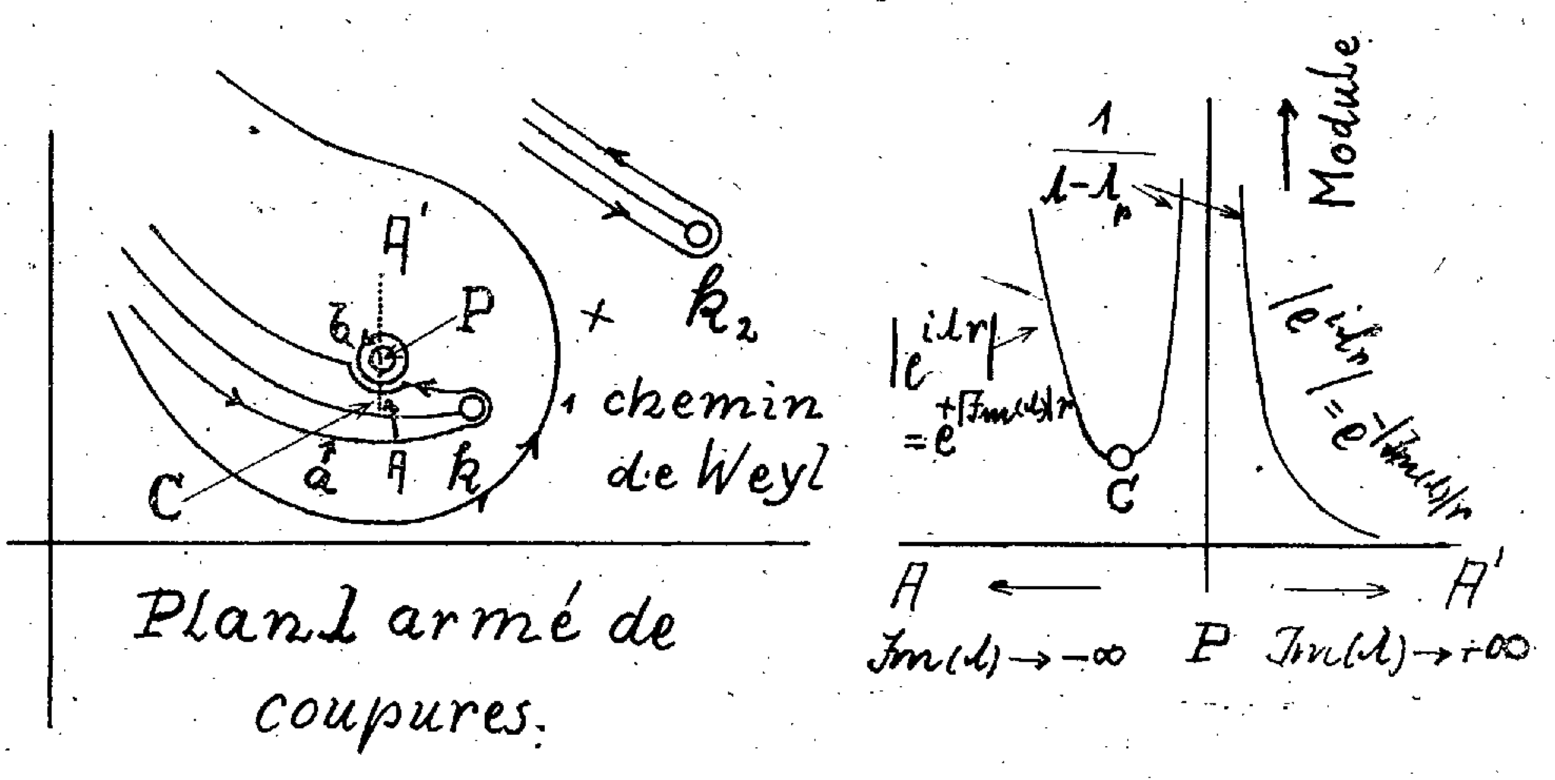


Fig. 1. Fig. 2.

la coupure doit elle-même contenir un terme correspondant à une onde de surface mais affecté du signe contraire de façon à annuler précisément le terme dû au pôle. Ceci posé, montrons l'existence d'un col C dans le voisinage du pôle P (*fig.* 2). Portons à cet effet le module de l'expression sous le signe somme ([4]) suivant la ligne en pointillé A A′ de la figure 1. En partant du pôle le module décroît suivant $e^{i\lambda}/(\lambda - \lambda_P)$ quand on s'éloigne de ce pôle dans le sens positif sur l'axe A A′ parallèle à l'axe imaginaire positif.

Dans la direction opposée (c'est-à-dire dans le sens négatif), ce module décroît d'abord suivant $1/(\lambda - \lambda_p)$, cependant que $e^{i\lambda}$ va en croissant quand $\mathcal{I}m(\lambda)$ diminue et devient négatif. Le résidu peut se calculer, comme le montreront les auteurs, par la méthode du col. Compte tenu du sens des deux chemins *a* et *b* de la figure 1, nous voyons que les deux termes de signes opposés correspondant aux deux ondes de surface s'annulent l'un l'autre. La coupure fournit ainsi, en plus de l'onde d'espace, un terme qui annule le résidu comme le veut précisément le théorème de Cauchy. Dès lors, les remarques d'Epstein([4]) sont sans objet. C'est bien le chemin d'intégration 1 qui seul est à choisir. L'existence de ce col semble avoir échappé à l'attention de Sommerfeld. L'intégrale de cet auteur prise sur la coupure contient bien ce col, mais le développement asymptotique mis en œuvre par Sommerfeld le laisse échapper. Voilà la racine du litige en question.

Remarquons pour terminer que la plupart des travaux relatifs à ce problème situent le pôle entre k_1 et k_2, en un point (marqué sur la figure 1) où il n'existe pas.

([4]) *Loc. cit.* sous ([1]).

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Transformations chimiques des catalyseurs Fischer au cours de leur élaboration.* Note de M. **Yves Trambouze**, transmise par M. Paul Pascal.

Bien que l'activité des masses de contact complexes de la synthèse Fischer dépende autant des conditions d'élaboration que de la nature, des proportions et de la pureté des constituants, aucune étude systématique de leur composition au cours de leur préparation et du traitement thermique réducteur précédant leur emploi n'a été publiée jusqu'ici. Seuls de Lange et Visser (1) signalent que des masses obtenues par précipitation d'ions Ni^{++} sur du kieselguhr se transforment aisément en hydrosilicates de nickel. A l'appui de ce résultat, Craxford (2) invoque les difficultés de réduction des catalyseurs à base de cobalt et de kieselguhr.

La présente Note a pour but de mettre en évidence l'existence et les conditions de formation de divers composés résultant de réactions entre l'hydroxyde de nickel et la silice du kieselguhr ou l'alumine. Le catalyseur étudié, utilisé depuis plusieurs années dans notre laboratoire (3), est préparé en précipitant à froid, par le carbonate de potassium en excès et en présence d'une suspension de kieselguhr, des ions Ni^{++}, Al^{+++} et Mn^{++} d'une solution de nitrates. Le mélange obtenu est porté à l'ébullition, décanté, soigneusement lavé, séché à 110° dans une étuve bien ventilée et chauffé enfin jusqu'à 450° dans un courant d'hydrogène qui ramène le nickel à l'état métallique.

Nous avons prélevé des échatillons du catalyseur aux divers stades de son élaboration et mis en évidence les états de combinaison du nickel. Une attaque ammoniacale (NH_4OH, 10M et NH_4Cl, 4M) extrait uniquement le métal existant sous forme d'hydroxyde, oxyde et carbonate. Une attaque nitrique (NO_3H, 10M), suivie d'une évaporation à sec, solubilise le nickel des composés précédents, mais aussi celui qui se trouve à l'état d'aluminate hydraté. Une fusion alcaline dissout tout le nickel, quel que soit son état de combinaison. Le nickel dissous est dosé par polarographie.

Le tableau ci-après donne les pourcentages du nickel total passant en solution ammoniacale ou nitrique.

L'ébullition suffit donc pour rendre une partie du nickel insoluble dans le mélange ammoniacal. Mlle Longuet (4) a montré que le chauffage d'un mélange

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(1) *De Ingenieur*, 58, 1946, p. 24.

(2) *Fuel in Sc. and Pract.*, 26, 1947, p. 119.

(3) Prettre, Eichner et Perrin, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 278.

(4) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 579.

d'hydroxydes de nickel et d'aluminium entraîne la formation d'hydroaluminates dont nous avons vérifié l'insolubilité en milieu ammoniacal et la dissolution par attaque nitrique. La composition de nos catalyseurs permet de conclure à la formation vraisemblable, lors de l'ébullition, d'un aluminate $Al_2O_3, 8NiO, nH_2O$.

Opération précédant l'analyse.	Nickel extrait par attaque		Nickel extrait uniquement par l'acide nitrique.	Nickel non extractible par l'acide nitrique.
	ammoniacale.	nitrique.		
Précipitation à froid	100 %	100 %	0	0
Ébullition du précipité	63	100	37 %	0
Séchage à l'étuve	63	100	37	0
Désorption sous vide à 150° jusqu'à poids constant	63	100	37	0
Chauffage durant 2 heures à 220° dans un courant d'azote	59	72	13	28 %
Chauffage durant 48 heures à 220° dans un courant d'azote	33	92	59	8
Chauffage à 320° jusqu'à poids constant dans un courant d'azote.	18	64	46	36
Chauffage à 450° jusqu'à poids constant dans un courant d'azote.	16	56	40	44
Même traitement, mais après 48 heures de chauffage à 220°	20,5	80	59,5	20

Le séchage et la désorption sous vide à 150° ne changent pas le comportement de la masse de contact vis-à-vis de nos réactifs. Il est pourtant certain que, dès ces températures, les hydroxydes et carbonates basiques commencent à se déshydrater.

Un rapide chauffage à 220° suffit pour entraîner un déficit dans l'attaque nitrique, et la seule interprétation est la formation d'un composé du nickel plus résistant que l'aluminate ; un chauffage plus énergique en augmente la proportion. En accord avec de Lange et Visser (*loc. cit.*) ou Mlle Longuet [5], il est logique d'admettre la formation d'un hydrosilicate. D'ailleurs Perrin [6] observe à 220° un ralentissement de la perte de poids du même catalyseur en fonction de la température.

Toutefois la transformation qui se produit à 228° est complexe puisqu'un chauffage prolongé diminue la teneur en nickel non extractible par l'acide nitrique, même après un chauffage ultérieur à 450°. Perrin (*loc. cit.*) a constaté que si la perte de poids est lente à 220°, elle se poursuit longtemps et entraîne un dégagement d'eau représentant près de 10 % du poids initial. Cette lente déshydratation se révèle, dans nos expériences, défavorable à la formation d'hydrosilicates.

---

(5) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 869.

(6) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 476.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur et des réducteurs sur les arséniates de cuivre.* Note de MM. **Henri Guérin** et **Robert Mas**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'établissement du diagramme d'équilibre du système $As_2O_5 — OCu — OH_2$, à la température ordinaire ([1]) nous ayant permis de caractériser les sels

$$2\,As_2O_5.OCu.3OH_2;\quad As_2O_5.2OCu.3OH_2;\quad 2\,As_2O_5.5OCu.10OH_2;$$
$$As_2O_5.3OCu.4OH_2 \quad \text{et} \quad As_2O_5.4OCu.OH_2$$

nous avons tenté de préparer les arsénites ou les sels cuivreux correspondants en soumettant ces arséniates à l'action combinée de la chaleur et des réducteurs.

Il était toutefois nécessaire d'examiner au préalable l'action de la chaleur sur ces composés.

Nous avons donc étudié successivement leur pyrolyse, puis l'action simultanée des réducteurs et de la chaleur.

I. *Pyrolyse.* — Le chauffage de ces sels dans un courant d'azote, à des températures croissantes, permet d'isoler les composés suivants :

Sels étudiés.		Température (°C.).	Sels formés.	
Biarséniate monocuprique $2As_2O_5.OCu.3OH_2$	Bleu pâle	110	$2\,As_2O_5.OCu.OH_2$	Bleu clair
		180	$2\,As_2O_5.OCu$	Blanc
Orthoarséniate bicuprique $As_2O_5.2OCu.3OH_2$	Vert	120	$As_2O_5.OCu.OH_2$	Vert foncé
		200	$As_2O_5.2OCu$	Blanc
Biarséniate pentacuprique $2As_2O_5.5OCu.10OH_2$	Bleu pâle	180	$As_2O_5.2OCu.5\ (\text{ou}\ 6)\ OH_2$	Bleu
		300	$2\,As_2O_5.5OCu$	Blanc
Orthoarséniate tricuprique $As_2O_5.3OCu.4OH_2$	Vert pâle	110	$As_2O_5.3OCu.2OH_2$	Vert
		250	$As_2O_5.3OCu.OH_2$	
		410	$As_2O_5.3OCu$	
Arséniate tétracuprique $As_2O_5.4OCu.OH_2$	Vert olive	490	$As_2O_5.4OCu$	Vert brun

Les essais de chauffage dans le vide, soit par paliers d'une heure de 50 en 50°, entre 300 et 1000°, pour déterminer les températures de décomposition commençante, soit à température constante, afin d'examiner le processus de décomposition à une température donnée, conduisent aux conclusions suivantes.

1° La décomposition du biarséniate monocuprique $2\,As_2O_5.OCu$, décelable dès 400°, fournit très lentement, dès cette température, du pyroarséniate $As_2O_5.2\,OCu$, sans qu'il soit possible de mettre en évidence la formation intermédiaire du métaarséniate.

L'anhydride arsénique libéré est dissocié partiellement, dès cette tempé-

([1]) H. Guérin et R. Mas, *Comptes rendus*, 226, 1947, p. 1615-1616.

rature, en anhydride arsénieux et en oxygène

$$2(2As_2O_5.OCu) = As_2O_5\,2OCu + 3As_2O_5,$$
$$As_2O_5 = As_2O_3 + O_2.$$

2° Le pyroarséniate ainsi formé, ou résultant de la déshydratation de l'orthoarséniate bicuprique, fournit à 650° de l'orthoarséniate tricuprique, conformément à la réaction

$$3(As_2O_5.2OCu) = 2(As_2O_5.3OCu) + As_2O_3 + O_2.$$

3° Le biarséniate pentacuprique étant décomposable à la même température, on conçoit que la formation intermédiaire de ce sel ne puisse être caractérisée au cours de la transformation du pyroarséniate.

4° L'arséniate tricuprique est stable jusqu'à 750°, température à laquelle il donne de l'arséniate tétracuprique :

$$4(As_2O_5.3OCu) = 3(As_2O_5.4OCu) + As_2O_3 + O_2.$$

5° L'arséniate tétracuprique est lui-même décomposé dès 775°, en un mélange d'oxydes cuivreux et cuivrique avec libération de tout l'arsenic sous forme d'anhydrides arsénieux et arsénique.

Aucun des arséniates de cuivre étudiés n'est donc stable au-dessus de 775°.

II. *Action des réducteurs.* — Les sels $2As_2O_5.OCu.3OH_2$, $As_2O_5.2OCu.3OH_2$ et $As_2O_5.4OCu.OH_2$ sont respectivement décomposés par l'hydrogène à 300°, 150° et 170°, en donnant du cuivre, de l'anhydride arsénieux et de l'eau, et sans qu'il soit possible de caractériser la formation de produits intermédiaires.

La réduction par l'oxyde de carbone fournit des résultats comparables à des températures voisines de 300°.

La réduction des arséniates de cuivre par l'hydrogène ou par l'oxyde de carbone n'est donc pas susceptible de fournir les arsénites de cuivre ou les arséniates cuivreux correspondants.

GÉOLOGIE. — *Essai de dispersion des roches argileuses par les ultra-sons.* Note (*) MM. **Georges Millot** et **Georges Noisette**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le géologue pétrographe a intérêt à extraire des roches sédimentaires les minéraux argileux caractéristiques. Pour cela, il doit réaliser une bonne dispersion de la roche. D'une roche bien dispersée on peut espérer extraire une fraction fine, où les particules à propriétés non colloïdales seront absentes et où les phyllites argileuses seront bien libérées les unes par rapport aux autres. Parmi les roches, il y en a qui se dispersent volontiers par agitation mécanique. Par contre, d'autres plus rétives nous ont suggéré l'utilisation des ultra-sons.

(*) Séance du 3 novembre 1948.

Appareil. — L'appareil utilisé fut mis à notre disposition par M. le Docteur Vérain. L'unique fréquence utilisée fut de 970000 p/s; la puissance émise par ce générateur est de 300 W. Le traitement est fait selon des temps croissants. Des analyses chimiques et colorimétriques ont montré que les molécules argileuses n'étaient pas abîmées par le traitement.

Méthode. — La roche est débarrassée des cations floculants et placée en milieu alcalin défloculant. Des lots identiques sont soumis aux agitations mécaniques et ultra-soniques pendant des temps croissants. Le degré de dispersion est évalué par la quantité de particules fines obtenues et inférieures à une taille donnée (1 μ). Les mesures sont faites par néphélométrie après un temps de repos judicieusement calculé et identique pour tous les lots. L'étalonnage du néphélomètre est fait dans les mêmes conditions à partir de suspensions témoins connues. Les premiers résultats s'appliquent aux trois roches suivantes :

Sable vert de Moeslains. — Ce sable glauconieux se disperse difficilement par traitement mécanique. Le tableau suivant donne en milligrammes par centimètre cube le poids de la fraction fine obtenue, en fonction de la durée des traitements.

Temps	1m.	3m.	9m.	27m.	1 h.	3 h.	19 h.
Mécanique.......	0,22	0,65	0,85	1,02	1,16	1,45	1,50
Ultra-sons.......	2,20	3,05	3,25	3,40			

De ces chiffres, on peut tirer les renseignements suivants : le rapport des poids dispersés par ultra-sons et par agitation mécanique en une minute est de 10. Au palier des courbes, c'est-à-dire au maximum de dispersion pour les deux méthodes, ce rapport est de 2,2. On peut parler de la puissance des procédés, c'est-à-dire du poids de matière dispersée par unité de temps. Cette puissance est de 2,2/60 pour une minute d'ultra-son et de $1,5/(19 \times 60 \times 60)$ pour 19 heures d'agitation mécanique. Les ultra-sons sont donc 1600 fois plus puissants au bout d'une minute que l'agitation mécanique totale. Au palier des courbes, le rapport des puissances reste 140.

Argile de Sommancourt. — Cette roche à dominante kaolinique montre par le même traitement deux courbes parallèles. Les rapports des poids dispersés par les ultra-sons aux poids dispersés par agitation mécanique sont de 105/100 au bout d'une minute et de 120/100 au palier des courbes. Le bénéfice est faible. Ceci montre qu'à l'état naturel, l'argile était bien dispersée. L'agitation mécanique brise quelques agrégats et les ultra-sons un nombre un peu plus grand, et ceci à des vitesses peu différentes.

Argile de Deyvillers. — Cette roche est bravaisitique. Elle a donné des résultats analogues, mais le début du phénomène a été examiné de plus près. A cet effet, des suspensions diluées au 1/1000 ont été utilisées. Elles correspondent à des lectures au début de l'échelle logarithmique sur le tambour du néphélomètre : les mesures y sont plus précises. Le rapport des poids dispersés

par les deux méthodes est de 125/100 au bout d'une minute et de 150/100 aux paliers des courbes. Le bénéfice en poids est peu important. Par contre, la vitesse de dispersion est plus grande pour les ultra-sons, car le palier est atteint en dix-huit minutes au lieu de trois heures. Là aussi le nombre d'agrégats rompus est plus important, et ils sont rompus plus rapidement.

Conclusion. — Ces essais de dispersion des argiles par les ultra-sons montrent :

1° que les argiles difficiles à disperser par agitation mécanique peuvent l'être par les ultra-sons avec des rendements 100 ou 1000 fois meilleurs;

2° qu'il existe des argiles qui ont un haut degré naturel de dispersion, degré tel qu'un procédé ultra-sonique est d'un faible intérêt pratique, si l'on dispose d'une quantité suffisante de matière. Dans ce cas, l'agitation mécanique arrive rapidement au palier;

3° qu'il n'existe pas de mode de dispersion parfait, mais qu'on peut toujours en trouver un qui assure une meilleure libération des phyllites argileuses entre elles;

4° que les courbes granulométriques d'argile faites sur un matériel dispersé dépendent souvent plus du mode de dispersion utilisé que de la roche initiale. Aussi le chercheur qui s'intéresse à la granulométrie naturelle d'une argile, devra non seulement utiliser une méthode fidèle, mais celle qui disperse le moins. C'est ainsi qu'il s'écartera le moins de la granulométrie de la roche naturelle;

5° que pour la confection ([1]) des plaquettes orientées par sédimentation où la libération de particules très fines est intéressante, en vue de l'analyse aux rayons X, la méthode aux ultra-sons peut être précieuse, surtout si l'échantillon est de volume réduit.

GÉOLOGIE. — *Métamorphisme, changements de volume et plissement.* Note de MM. **René Perrin** et **Marcel Roubault**, présentée par M. Charles Jacob.

Après avoir attribué le métamorphisme à des diffusions dans le solide, l'un de nous (R. P.) a étendu cette conception à la genèse des granites, puis, estimant que ces diffusions s'accompagnaient de changements de volume, en a conclu que le métamorphisme devait être un facteur important de déformations et de plissements.

Depuis, l'observation nous a montré que ces diffusions n'étaient point à sens unique, de la profondeur vers la surface, mais qu'il y avait, en réalité, échanges en un processus que nous avons appelé *diffusions fractionnées à double sens*.

([1]) Clark, Grim et Bradley, *Zeit. Krist.*, 4, 1937, p. 322.

Les roches métamorphisées ou granitisées s'enrichissent en certains ions, mais, en contrepartie, en perdent d'autres; il devenait dès lors légitime de se demander si la variation de volume était réelle. Ce point est éclairci par les déductions que l'on peut tirer d'études récemment parues.

Un mouvement fort et grandissant s'est produit dans nombre de pays en faveur de la granitisation par diffusions d'ions dans les roches solides. La réalité des diffusions à double sens a été démontrée dans des cas précis par Backlund, Bugge, Read, Doris L. Reynolds et son école, Barth, etc.; Lapadu-Hargues l'a mise en évidence par une méthode statistique. Les chercheurs s'attachent maintenant à étudier le mécanisme de ces échanges.

Goldschmidt, puis T. F. W. Barth, ont tout d'abord remarqué que le volume occupé par les atomes d'oxygène représente l'essentiel du volume total de la lithosphère, plus de 90 % ; l'hydrogène et les cations métalliques se logent dans les interstices du réseau d'oxygène; le volume occupé par une roche est donc essentiellement conditionné par celui qu'occupe son réseau d'oxygène et est déterminé par l'importance des vides existant dans ce réseau, vides qui ne sont que partiellement remplis par les cations.

Dans cette voie, B. Brajnikov a montré, en calculant la concentration en oxygène, c'est-à-dire le nombre d'atomes d'oxygène par centimètre cube des divers minéraux et roches, que ce nombre est très variable et que le volume des vides est toujours important, d'où la perméabilité aux ions; il a, en outre, mis en évidence que la concentration en oxygène est nettement plus faible dans le granite et les autres roches grenues que dans les roches détritiques.

Barth et Lapadu-Hargues, enfin, ont conclu que, lors du métamorphisme, les cations métalliques et hydrogène s'échangent dans les interstices du réseau des atomes d'oxygène sans que ces derniers diffusent. On déduit de l'ensemble de ces faits que le métamorphisme doit s'accompagner ou non de changements de volume, selon que le réseau d'oxygène se dilate (ou se contracte) ou non, c'est-à-dire que la concentration en oxygène par centimètre cube de roche varie ou ne varie pas. Brajnikov ayant prouvé qu'elle diminue des roches détritiques aux roches grenues, l'augmentation de volume lors du métamorphisme, au sens large du terme (incluant la granitisation), des terrains détritiques, semble ainsi, par là-même, démontrée et, par voie de conséquence, le fait que le métamorphisme est générateur de plissements.

Aussi, la lithosphère apparaît comme formée d'une véritable trame d'atomes d'oxygène dans les interstices de laquelle se logent les cations : cette trame est plus ou moins serrée d'un minéral à l'autre et d'une roche à l'autre, et les transformations métamorphiques s'accompagnent de distensions ou de contractions tant locales que générales de cette trame, le phénomène d'ensemble étant une dilatation; l'orogenèse elle-même se réduit à une vaste déformation de cette trame d'oxygène, accompagnée de déchirures et de déplacements de certaines de ses parties.

L'érosion et les altérations superficielles, l'action de la vie, ont rompu l'équilibre qui devait exister dans la lithosphère initiale : elles ont opéré des classements en couches et détruit certains composés initiaux des roches. Les sédiments ne sont plus ainsi en équilibre, ni entre eux, ni avec la profondeur. Si les conditions, et en particulier la température le permettent, des échanges de cations s'amorçent et se développent; ils s'accompagnent de déformations locales et à grande échelle de la trame, comme l'imposent les constatations de Brajnikov. L'ensemble des échanges obéit, en un processus complexe, à des lois physicochimiques peu connues; les échanges qui libèrent de l'énergie peuvent se traduire par une dilatation de la trame et par des efforts mécaniques qui engendrent des bombements, des plissements, des foisonnements, des extravasions de terrains écrasés entre des parties qui se dilatent, ou entre une partie en dilatation et un môle rigide, etc.

Réciproquement, la rigidité des bâtis, la difficulté de leur déformation s'opposent aux diffusions qui s'accompagnent d'augmentation de volume et les diffusions se produisent de préférence dans les régions où la déformabilité est la plus grande.

Ces déductions paraissent assez en accord avec l'observation géologique : les géosynclinaux, où des terrains hors d'équilibre avec la profondeur ont dû être portés à des températures relativement élevées, du fait de leur enfouissement, et dont la déformabilité était relativement grande, semblent avoir été les régions privilégiées pour le métamorphisme et l'orogenèse.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle morphologique des nappes d'alluvions caillouteuses du bassin d'Aquitaine.* Note (*) de M. **François Taillefer**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

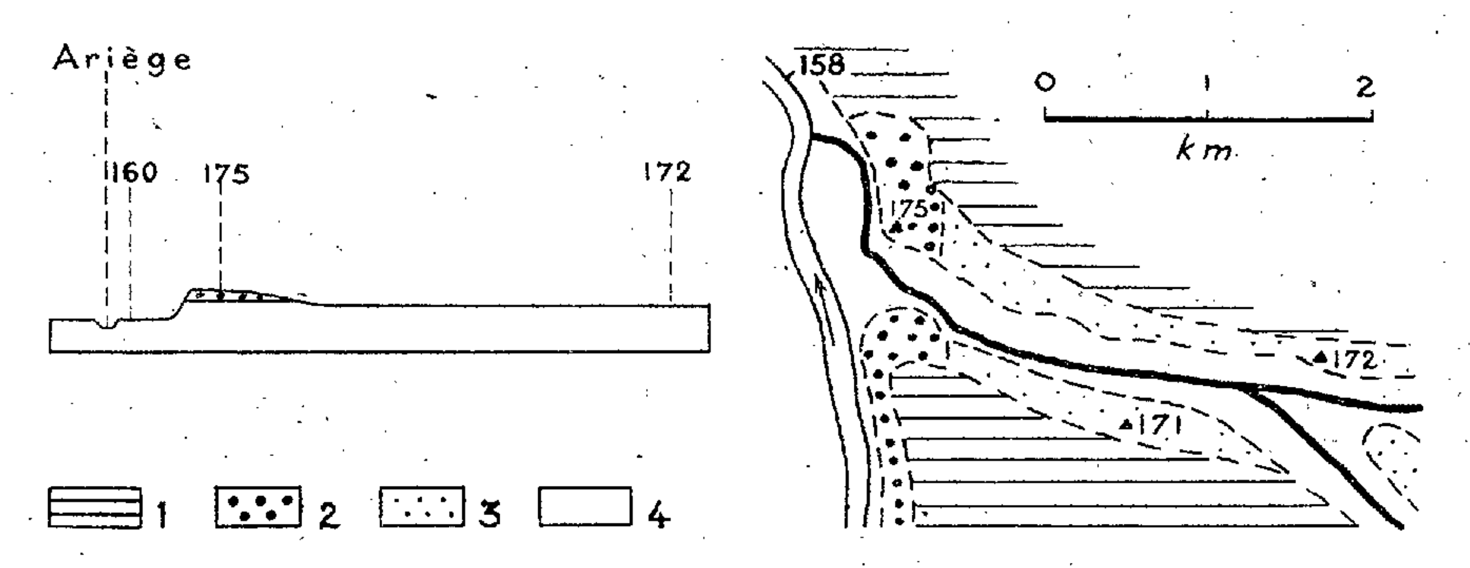
Dans le centre et le Sud du bassin d'Aquitaine, une carte détaillée du réseau hydrographique fait apparaître l'opposition du chevelu très serré des vallées souvent sèches des pays de molasse, avec la faible densité des ruisseaux sur les larges nappes d'alluvions étalées par les rivières descendues des Pyrénées ou du Massif Central.

Cas des confluences. — Les vallées des ruisseaux affluents d'une rivière importante (Ariège par exemple) sont quelquefois barrées à leur débouché dans la vallée principale par une sorte de banquette. Le fond de la vallée affluente ne se raccorde pas à la plaine d'inondation de la rivière principale, mais en est séparé par une contre-pente rappelant quelque peu les verrous des vallées glaciaires. Le ruisseau, qui coule en amont au fond d'un large berceau évasé dans la molasse, s'encaisse dans une petite gorge à la traversée de la

(*) Séance du 3 novembre 1948.

banquette formée par la roche en place (molasse), avec un couronnement d'alluvions correspondant à une terrasse de la vallée principale.

Les cailloux de la terrasse ont, par leur perméabilité, joué le rôle d'un chapeau de roche dure. Au cours de l'enfoncement de la rivière principale, la vallée du ruisseau affluent a évolué plus vite en amont de la confluence, où la molasse ne bénéficiait d'aucune protection, que dans la zone soustraite au ruissellement par la couverture alluviale. La banquette a donc été peu à peu laissée en saillie traversée par une entaille étroite. Lorsque l'affluent est assez puissant, il peut cependant élargir cette entaille jusqu'à faire disparaître la banquette.



Confluence d'un ruisseau du Terrefort et de l'Ariège à 1^{km} au Sud du Vernet.
1, molasse; 2, cailloutis d'une terrasse de l'Ariège (15^{m} au-dessus de la plaine d'inondation actuelle); 3, limons de pente (molasse remaniée); 4, alluvions modernes.

Cas des alluvions des plateaux culminants. — La partie la plus haute du bassin tertiaire est une longue dorsale parallèle à la Garonne et séparant la vallée de ce fleuve de la région des collines gasconnes [1]. Cette dorsale est formée par une série de plateaux d'alluvions situés à 150, 160 ou même 180^{m} au-dessus de la plaine d'inondation de la Garonne. Leur topographie est celle de terrasses inclinées vers le fleuve et s'abaissant régulièrement vers l'aval. Cette traînée d'alluvions commence aux Petites Pyrénées (cluse de Boussens) et se suit, par Castelnau-Picampeau, Pujaudran et Cox, jusque dans l'Agenais, où l'apparition de niveaux calcaires modifie les conditions structurales. Elle est parallèle aux terrasses de la vallée de la Garonne et au fleuve lui-même. Sur la rive droite des plateaux caillouteux semblables (Monjoire, Vacquiers, Est de Grisolles), représentant la plus élevée des terrasses du Tarn, dont la Garonne, au cours de sa migration latérale vers l'Est, est parvenue à ronger le bord externe. Au Nord-Ouest de Toulouse, ces plateaux d'alluvions culminants sont assez larges (jusqu'à 10^{km}) pour constituer un *pays* original, la Lomagne, compris entre la vallée de la Garonne et

(1) LEYMÉRIE, *Statistique géologique de la Haute-Garonne*, et *Carte géologique au 200000e*. Toulouse, 1881.

la région creuse située à l'Ouest, où alternent croupes et vallées découpées dans la molasse en l'absence de manteau caillouteux protecteur. Les rivières venues de cette dernière région (Louge, Touch, Save, Gimone) traversent les plateaux de la dorsale, plus élevés d'une soixantaine de mètres, pour se jeter dans la Garonne. Comme, d'autre part, il est probable que la nappe culminante était limitée à l'Ouest, lors de son dépôt, par un versant de vallée taillé dans la molasse, on peut conclure à une inversion du relief.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur le Houiller de La Machine, Bassin de Decize (Nièvre).* Note (*) de MM. **Paul Corsin** et **Constantin Monomakhoff**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans le bassin houiller de Decize, les affleurements situés aux environs de La Machine sont limités, au Nord et au Sud, par le Permien (Saxonien) qui repose en discordance sur le Carbonifère, tandis qu'à l'Est et à l'Ouest des failles mettent en contact ce dernier terrain avec des couches plus récentes. Le substratum de ce bassin houiller, qui est le granite rencontré par le puits des Lacets et par le sondage de Marcy, monte régulièrement au Nord du puits des Lacets vers le massif de Saint-Saulge. Là, le houiller productif est érodé et remplacé par le terrain permien. Au Sud du puits des Minimes, le socle paléozoïque s'ennoie brusquement, atteint une profondeur de 1800^m environ et remonte ensuite vers le dôme de Neuville. Mais ce Bassin doit s'étendre, sous les terrains liasiques, triasiques et permiens, au delà des failles limitant l'affleurement à l'Ouest. Au Sud-Est les sondages ont montré la présence du terrain houiller productif à une grande profondeur. *Grosso modo*, le Bassin houiller de Decize, dont les limites sont assez mal connues, est allongé en direction sensiblement O N-O, E S-E. Les couches de charbon ont même orientation, décrivant les mêmes courbes que la cuvette houillère. Entre le houiller productif et le granite, il semble y avoir presque partout, une importante formation de Culm, dont l'épaisseur varierait de 80 à 120^m, suivant les points du Bassin.

Le houiller de La Machine comprend quatre faisceaux possédant chacun 3 ou 4 couches exploitables : le Faisceau du Mur (épaisseur moyenne 250^m), avec, de la base au sommet, les couches suivantes : Couche Nouvelle, Mérizys, Écuries et Bergère; au-dessus, le Faisceau des Crots (épais. moy. 100^m) formé du Crot inférieur, du Crot moyen et du Crot supérieur; puis le faisceau des Blards (épais. moy. 110^m) avec, du mur au toit : 3e Blard, 2e Blard et 1e Blard; enfin le faisceau des Meules (épais. moy. 220^m) composé de la Meule inférieure, de la Meule moyenne et de la Meule supérieure.

La seule étude paléobotanique du terrain houiller de Decize, qui ait été

(*) Séance du 27 octobre 1948.

publiée, est due à Grand'Eury [1], qui attribue cette formation à la série supérieure du Bassin de Saint-Étienne.

Au cours d'un séjour à La Machine du 12 au 14 avril 1948, nous avons pu étudier les collections de plantes fossiles recueillies dans ces mines et conservées au siège des Houillères de Decize. En négligeant les espèces sans intérêt stratigraphique nous avons établi la liste suivante :

Alethopteris Grandini Brong. (tr. ab. notamment dans Nouvelle Couche), *Callipteridium pteridium* Schl. (ab.), *C. gigas* Gutb. (ab.), *Callipteris conferta* Stern., *C. lyratifolia* Goep. (P. des Lacets à 315 et 350^{m}), *Odontopteris Reichi* Gutb. (tr. ab. not. dans Nouvelle Couche), *O. genuina* G. E., *O. subcrenulata* Rost (P. des Lacets à 315^{m}), *Pecopteridium Costei* Zeil. (not. dans les Crots), *Neuropteris cordata* Brong. (Crots), *N. pseudo-Blissi* Pot., *Linopteris Germari* Gieb. (tr. ab. 2e Blard et Meule inf.), *L. Brongniarti* Gutb., *Diplotmema Busqueti* Zeil., *Ovopteris pecopteroides* Landeskr. (Meule), *Sphenopt. Casteli* Zeil., *S. Matheti* Zeil., *S. cf. Moureti* Zeil., *Pecopteris hemitelioides* Brong. (ab. Meule moy. et Nouvelle Couche), *P. cyathea* Schl. (tr. ab. not. dans Nouvelle Couche), *P. unita* Brong. (Crot inf.), *P. feminaeformis* Schl. (Crot inf.), *P. polymorpha* Brong. (tr. ab.), *P. Candollei* Brong. (tr. ab. Meule), *P. Bioti* Brong. (P. des Lacets à 350^{m}), *P. plumosa-dentata* Artis (1er Blard), *P. Pluckeneti* Schl. (Nouvelle Couche, 2e Blard), *P. densifolia* Goep., *P. cf. alethopteroides* G. E., *P. elaverica* Zeil., *P. oreopteridia* Schl. (2e Blard), *P. Launayi* Zeil., *P. Beyrichi* Weiss, *P. cf. truncata* Rost, *Taeniopteris jejunata* G. E., *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. et Kaulf (tr. ab.), *S. longifolium* Germ., *Sigillaria Brardi* Brong., *Cordaites lingulatus* G. E., *Poacordaites* (P. des Lacets à 315^{m}), *Walchia imbricata* Schimp. (P. des Lacets à 315^{m}), *Dicranophyllum gallicum* G. E. (P. des Lacets à 315^{m}).

Remarques. — 1° Certains échantillons d'*Odontopteris* se rangent, à coup sûr, sous le nom spécifique *O. reichi*. Pour d'autres on hésite entre *O. reichi* et *O. minor* Brong. Enfin d'autres encore rentrent sous la dénomination *O. minor*. Lorsque par hasard une grande plaque de schiste montre cette plante, on voit qu'à la base de la fronde l'empreinte appartient à la forme *Reichi*, tandis qu'au sommet, vers l'extrémité des pennes, domine la forme *minor*. On est donc en présence d'une seule et même espèce, forme évoluée d'*O. reichi*, probablement ancêtre d'*O. minor*.

2° Notons la présence à un niveau indéterminé de *C. conferta* qui est une plante nettement permienne. Cette espèce, trouvée à La Machine et conservée sans indication de provenance, vient très probablement du fonçage du puits des Lacets où l'on a rencontré le Permien caractérisé, vers la profondeur 300-350^{m}, par *C. lyratifolia*, *W. imbricata* et *Dicranoph. gallicum*.

3° On doit souligner, dans la liste ci-dessus, l'abondance d'*O. reichi*, de *C. pteridium*, de *C. gigas*, de *L. Germari*, de *Pecopteris* cyathéoïdes, de *P. Candollei* et de *S. oblongifolium*, la fréquence relative de *N. cordata*, de *D. Busqueti*, de *L. Brongniarti*, de *P. feminaeformis* et de *C. lingulatus*. Or ce

(1) *Flore carb. du Dép. de la Loire et du Centre de la France*, 1877, p. 520.

sont là toutes les espèces caractéristiques du Stéphanien moyen. Ceci parallélise les couches de La Machine avec celles de Blanzy ([2]).

4° On relève cependant dans cette flore la présence d'*O. genuina*, *P. Costei*, *N. pseudo-Blissi*, *S. Casteli*, *S. Matheti.*, *S.* cf. *Moureti*, *P.* cf. *truncata*, *P. elaverica*, *P. Launayi* et *S. longifolium*, plantes que l'on trouve fréquemment dans le Stéphanien supérieur.

Conclusions. — La fréquence de certaines plantes-guides et la composition générale de la flore nous conduisent à rattacher le gisement de La Machine au Stéphanien moyen. Toutefois la présence de nombreuses empreintes que l'on trouve en abondance dans le Stéphanien supérieur laisse penser que l'on a affaire à la partie tout à fait supérieure de l'Étage de Saint-Étienne.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Fluosilicates d'alcaloïdes.* Note (*) de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

En 1934, Rosenthaler ([1]) a préparé les fluosilicates de quinine, de codéine, de strychnine et de quelques substances synthétiques apparentées aux alcaloïdes (pantocaïne ,psicaïne, stovaïne, etc.). L'auteur se proposait de trouver des combinaisons insolubles microanalytiques de l'acide fluosilicique, d'une sensibilité de précipitation supérieure à celle des fluosilicates de sodium et de baryum. Une étude générale des fluosels d'alcaloïdes nous a conduits à étendre cette étude et à analyser les composés obtenus. Le tableau suivant résume nos résultats :

		Trouvé (%).			Calculé (%).			$[\alpha]_D$(***)
	Formule.	OH_2.	A (*).	B (**).	OH_2.	A.	B.	(°).
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2, 5OH_2$	10,13	16,20	73,15	10,20	16,34	73,46	—238
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2, 4OH_2$	8,23	16,33	74,18	8,32	16,66	75,02	+211
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2, OH_2$	2,48	19,07	77,94	2,40	19,19	78,41	+191
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2, OH_2$	2,62	18,26	78,0	2,40	19,19	78,41	—125
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$	$A(B)_2, 3OH_2$	6,18	16,47	77,22	6,23	16,62	77,15	— 43
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$	$A(B)_2, 4OH_2$	7,18	14,30	78,58	7,17	14,33	78,50	— 31
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$	$A(B)_2$	–	19,93	78,60	–	20,16	79,84	— 98
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$	$A(B)_2$	–	19,00	80,17	–	19,41	80,59	—105
Narcotine $C_{23}H_{23}NO_7$	$A(B)_2, 4OH_2$	7,02	13,72	79,02	6,91	13,82	79,27	+ 45
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2, 2OH_2$	4,13	15,77	79,11	4,05	16,19	79,76	— 71
Corynanthéine (****) $C_{22}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2, OH_2$	2,13	15,79	82,03	2,01	16,11	81,88	–
Mezcaline $C_{11}H_{17}NO_3$	$A(B)_2, 3OH_2$	8,57	23,09	67,59	8,71	23,23	68,06	–
Tropacocaïne $C_{15}H_{19}NO_2$	$A(B)_2, 2OH_2$	5,36	21,38	72,82	5,37	21,49	73,14	–

(*) $A = SiF_6H_2$; (**) B = alcaloïde; (***) En solution aqueuse à une concentration voisine de 0.5 %; (****) Nouvelle formule.

([2]) P. Corsin, *Comptes rendus*, 227, 1948, n° 17, p. 858.

(*) Séance du 3 novembre 1948.

([1]) *Mikrochemie*, 14, 1934, p. 363-364.

L'acide fluosilicique a été déterminé, sur une prise d'essai exactement connue voisine de 30^{cg}, à l'état de fluocilicate de potassium dans un milieu correspondant à de l'alcool à 50°. A titre indicatif le fluor a été dosé à l'état de fluochlorure de plomb dans le fluosilicate de morphine; rapporté au sel anhydre F % : tr. 16,06; calc. 15,96.

L'alcaloïde est déplacé par l'ammoniaque, extrait par un solvant organique éther, chloroforme ou alcool amylique et pesé à poids constant après évaporation du solvant.

Tous ces composés sont blancs et remarquablement cristallisés en aiguilles prismatiques ou en tables micacées; certains des fluosilicates présentent en solution aqueuse diluée une fluorescence importante aux rayons ultraviolets, bleue pour la quinine et la quinidine, verte pour la morphine et la corynanthine, phénomène que l'on observe habituellement seulement avec les acides oxygénés.

Les fluosilicates d'alcaloïdes décrits ci-dessus sont tous de la forme $SiF_6H_2(\text{Alcaloïde})_2 x OH_2$, sauf ceux de morphine et de codéine qui cristallisent anhydres; les fluosilicates de la série de la quinine et de la cinchonine correspondent aux sels *basiques*.

BIOLOGIE. — *Production d'enzymes antibiotiques, par la méthode des cultures associées.* Note de M. **Jacques Risler**, présentée par M. Paul Portier.

Depuis 1943 il m'a été donné d'entreprendre l'étude du pouvoir antibiotique d'un *Aspergillus flavus* à sporulation verte de souche sélectionnée A. A. M. R. provenant de la collection de M. Alilaire.

Cultivé, d'après la technique de M. Piettre, c'est-à-dire en milieu peptoné, sucré et acide (acide citrique), ce champignon donne une végétation abondante, plus rapide et plus florissante, mais très pauvre en antibiotique. Cultivé sur milieu Czapek-Dox, additionné de peptone et d'éléments riches en acide lactique, l'*A. flavus* élabore, après cinq jours d'incubation à une température de 30°, un jus métabolique fortement antibiotique vis-à-vis de nombreuses bactéries Gram positif et Gram négatif.

Avec R. Morel et L. Vincent, nous avons établi selon la méthode d'Heatley un premier spectre antibactérien.

*Essais sur le bacille tuberculeux et l'*A. flavus *souche A. A. M. R. en cultures associées.* — Si le jus métabolique brut élaboré directement par l'*A. flavus* n'a aucun pouvoir antibiotique sur le bacille tuberculeux humain ou bovin, il en va tout autrement quand on l'ensemence en *cultures associées* avec lesdits bacilles. Dans ces conditions de culture, nous avons observé de manière constante, avec German, R. Morel et L. Vincent, puis Gilissen et de Luna, l'apparition d'une enzyme douée de spécificité vis-à-vis du bacille de Koch.

Organismes testés.	Diamètre des zones d'inhibition (mm).	Age des cultures d'*Asperg. flavus* (h).
Staphylococcus aureus (Lalique)....	56	30
» (London)....	56	48
Shigella dysenteriæ................	54	30
Bacillus typhosus..................	24	30
Bacterium Coli.....................	16	30
Bacillus Subtilis..................	15	15 à 30
Enterococcus.......................	14	30
Bacillus Prodigiosus...............	Néant	30
B. Paratyphosus A..................	»	30
» B..................	»	30
Bacille de Koch....................	»	30

Voici les conditions expérimentales de l'apparition de cette enzyme : sur une culture de bacille tuberculeux humain virulent âgée de 21 jours, développée en voile sur milieu de Sauton ou de Massol-Breton on ensemence quelques spores d'*A. flavus* souche A. A. M. R. Après soutirage du milieu de culture du bacille de Koch que l'on remplace par le milieu de culture de l'*A. flavus*, on porte à l'étuve à 30°. On observe dans ces conditions que l'Aspergillus s'adapte parfaitement à la vie en contact intime avec le bacille de Koch qu'il finit par recouvrir entièrement au bout du cinquième jour. A ce moment, la sporulation de la moisissure étant très avancée, il apparaît à la surface du tapis feutré de l'Aspergillus les premières gouttelettes d'une sécrétion limpide qui détermine peu à peu dans le milieu de culture sous-jacent le développement d'une pigmentation ambrée, caractéristique de l'élaboration de l'enzyme antibiotique. En effet, si l'on réensemence sur une culture homogène de B. K. de Courmont en milieu de Courmont quelques spores d'*A. flavus* qui vient de croître en *cultures associées* avec le bacille de Koch, on voit après une nouvelle sporulation qu'un commencement d'éclaircissement apparaît sous la zone sous-mycélienne et gagne peu à peu en profondeur. Cette manifestation d'éclaircissement qui s'accentue par passages successifs peut être considérée comme l'indice de la formation, puis de l'exaltation de l'enzyme antibiotique.

La preuve de la spécificité du pouvoir antibiotique de l'enzyme élaborée par la *culture associée* des deux microorganismes est démontrée par le fait que cette enzyme extrêmement active sur le bacille de Koch ne possède plus aucun pouvoir antibiotique sur le staphylocoque doré, tandis qu'ainsi qu'il a été indiqué dans le tableau ci-dessus, le jus métabolique brut de l'*A. flavus* est extrêmement actif vis-à-vis dudit staphylocoque.

Expériences sur le Cobaye. — On injecte à 10 cobayes tuberculisés par inoculation sous-cutanée de $0^{mg},1$ de B. K. souche humaine, une dose quotidienne de 5^{cm^3} de liquide enzymatique provenant de la zone pigmentaire de la culture

associée. Au 90e jour, bien qu'après des réactions focales et ganglionnaires plus ou moins intenses, ces animaux ne présentent aucune manifestation classique de tuberculose évolutive; 10 autres cobayes tuberculisés dans les mêmes conditions, mais traités à la dose quotidienne de 5mg d'enzyme filtrée, précipitée et purifiée, ne présentent aucune manifestation classique de tuberculose évolutive au 90e jour. Dans ce cas, le traitement n'a déterminé aucune réaction focale ou ganglionnaire. Par contre, sur 10 cobayes témoins contaminés dans les mêmes conditions, 7 sont morts entre le 35e et le 52e jour.

Conclusions. — L'ensemble de ces recherches aboutit aux conclusions suivantes :

1° Sur les milieux usuels de culture de moisissures, après addition de peptone et de glucose, l'*A. flavus* souche A. A. M. R. élabore un jus métabolique brut puissamment antibiotique sur un grand nombre de bactéries Gram positif et Gram négatif.

2° Le jus métabolique brut d'*A. flavus* n'a aucun pouvoir antibiotique vis-à-vis du bacille de Koch.

3° Par contre, en *cultures associées* avec le bacille de Koch, l'*A. flavus* élabore une enzyme spécifique remarquablement active vis-à-vis du bacille de Koch, le cobaye tuberculisé ne laissant apparaître régulièrement aucune trace classique de tuberculose évolutive, après 90 jours d'un traitement quotidien.

L'importance de ces travaux réside avant tout dans le fait que la méthode des *cultures associées* se révèle comme capable de provoquer une orientation nouvelle des études sur le pouvoir antibiotique et d'aboutir, à l'aide de certaines moisissures dont l'*A. flavus* souche A. A. M. R. paraît être l'une des plus puissamment actives à la préparation de nouvelles enzymes *antibiotiques spécifiques*.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur la diapause chez un hémiptère :* Eurydema ornatum *L.* Note de M. **Lucien Bonnemaison** présentée par M. Émile Roubaud.

La Punaise ornée du Chou (*E. ornatum* L.) présente généralement une seule génération par an, sous le climat parisien. Les insectes hivernent à l'état adulte et quittent leur retraite dans la première quinzaine d'avril. La ponte commence à la mi-avril et les adultes de première génération sont trouvés à partir de la fin du mois de juin. Ces insectes se nourrissent pendant quelques jours, puis entrent, pour la plupart, en diapause en se cachant sous les feuilles mortes ou dans les crevasses du sol.

Dix couples, devenus adultes entre le 23 et le 26 septembre, ont été élevés dans des étuves à la température de 24° pendant 16 heures par jour et de 15° pendant 8 heures, l'alternance de température convenant mieux à ces insectes que les températures constantes. Le déclenchement de la diapause, facilement

repérable par la brusque diminution du nombre des piqûres sur les feuilles, s'est produit dans la semaine du 14 au 20 octobre. Cinq de ces couples ont été élevés à ces températures alternées, jusqu'à leur mort; 4 couples étaient encore vivants le 9 février; un couple a vécu jusqu'au 6 juin : Durant toute cette période, portant donc sur plus de 7 mois, il n'y a pas eu d'accouplement et les insectes se sont très peu nourris. Il n'y a pas eu rupture de la diapause.

Les cinq autres couples ont été placés du 19 au 21 novembre à 17°, du 22 novembre au 14 décembre à 8°, du 15 au 18 décembre à 14° et à partir du 20 décembre, à la température constante de 24°. Ces insectes se sont accouplés le 8 janvier, les 5 et 21 février, le 19 avril et ont pondu peu de temps après le coït; un mâle et une femelle seulement ont vécu jusqu'au 12 juin sans s'accoupler.

D'autres couples de punaises ont été soumis à des températures plus basses : — 5° pendant 13 jours; dans ce cas, l'accouplement s'est produit en moyenne quelques jours plus tôt que pour les insectes placés seulement à une température de + 8°. Dans les deux cas, la rupture de la diapause a été liée à l'abaissement thermique.

Plusieurs chercheurs (Martini 1921, Gierke 1932, Hecht 1933, Roubaud et Colas-Belcour 1933-1934, Théodor 1934) ont remarqué que la durée du développement de certains insectes polyvoltins était plus grande à l'automne et pendant l'hiver qu'au printemps et au début de l'été, ce qui a conduit à penser qu'il existait un certain *rythme de développement* (¹) acquis par la répétition de conditions climatiques saisonnières; nous avons constaté le même fait, en élevant à différentes températures constantes des insectes de la première génération à partir du mois d'avril, et des punaises de la seconde génération du début de juillet au mois d'octobre; la durée moyenne du développement, depuis la ponte jusqu'à la mue imaginale, a été respectivement, pour les première et seconde générations, de 19 et 23, 6 jours à la température constante de 34°, de 22,3 et 26,2 jours à 31°, de 26,8 et 31,2 jours à 28°, de 38,1 et 43,5 jours à 24°, de 58,5 et 67,8 jours à 20°.

La fécondité des insectes de la première génération est nettement plus forte que celle des insectes de la seconde génération; elle a été en moyenne de 12,6 pontes par femelle, pour les insectes de la première génération, avec un maximum de 23 et de 5,9 pontes par femelle pour les insectes de la seconde génération avec un maximum de 13.

Il convient de remarquer que plusieurs agents peuvent intervenir dans ce ralentissement de la durée du développement à l'automne et pendant l'hiver, en particulier la durée journalière d'éclairement et surtout l'alimentation.

Pour estimer l'importance de ces facteurs, il était nécessaire de réaliser un *décalage* expérimental des générations, de manière à élever des larves de la

(¹) L. Bonnemaison, *Ann. des Épiphyties*, 1946, p. 115.

deuxième génération au début du printemps. Ceci a pu être réalisé en provoquant la rupture de la diapause imaginale par un séjour des insectes à une température basse, ainsi qu'il a été indiqué précédemment; il a pu être élevé de cette manière des individus de la première génération, de la fin du mois de décembre 1945 à la fin du mois de mars 1946, et des individus de la seconde génération du début de février à la mi-juin; dans les deux cas, la durée du développement à différentes températures constantes a été sensiblement la même et très voisine de celle qui a été notée pour les insectes de la première génération, engendrée par des punaises ayant hiverné dans des conditions normales.

D'après ces résultats, il semblerait que l'augmentation de la durée du développement observée dans des conditions normales, chez les insectes de la seconde génération, puisse dépendre, en particulier, de l'alimentation, les feuilles de chou qui se développent pendant l'été et l'automne étant d'une valeur alimentaire inférieure à celle des feuilles prélevées au printemps, sur des choux ayant hiverné.

MICROBIOLOGIE. — *Effets curatifs de la streptomycine administrée en inhalations à des souris contaminées par le* Mycobacterium tuberculosis. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et **Pierre Lévy**, transmise par M. Gaston Ramon.

La streptomycine agit-elle curativement lorsqu'elle est administrée sous forme d'aérosols à des souris contaminées, au préalable, avec le *Mycobacterium tuberculosis* par voie intraveineuse? C'est là un problème que nous avons essayé de résoudre, en procédant comme il suit :

Technique. — Des souris sont infectées par injection intra-vasculaire avec 1^{mg} de bacilles tuberculeux, souche humaine H 512. Trente sujets sont placés dans une atmosphère contenant de la streptomycine introduite sous pression ($0^{kg},500$), chaque jour pendant 6 heures (1). Les animaux respirent l'air riche en antibiotique pendant 6 semaines. Dose totale de streptomycine évaporée pendant cette période de temps : 22000000 U. Un autre groupe de vingt souris servent de témoins, non traités.

Résultats. — A. *Souris témoins*, au nombre de 19. Toutes sont mortes (léthalité : 100 %) 29,4 jours, en moyenne, après la date de l'infection (avec un maximum entre 20 et 29 jours).

a. Altérations microscopiques (2). — Poumon : entre + + + et ∞. Rate : entre + — et +.

(*) Séance du 3 novembre 1948.

(1) Récipient en verre; cubage, $0^{m^3},08$ (contenance 80^l).

(2) Estimation de l'intensité de ces altérations, comme aussi de la teneur en BK, selon le schéma utilisé dans nos travaux antérieurs (entre + — — et ∞).

b. Teneur en bacilles acido-résistants (poumons) :

+	1..........	5,25 %	
+++	1..........	5,25	de +++ à ∞ = 94,50 %.
++++	6..........	31,75	
∞	11..........	57,75	

Conclusion. — Une mortalité de 100 % et une teneur bacillaire de +++ à ∞ atteignant 94,50 %, montrent qu'une infection massive et rapidement mortelle a succédé à la contamination de ces souris témoins.

B. Souris traitées, au nombre de vingt-neuf. Une seule est morte le 46ᵉ jour (léthalité : 3,5 %, au lieu de 100 % chez les témoins). Le reste de 28 sujets ont été sacrifiés le 46ᵉ jour.

a. Altérations microscopiques. — Poumons : + — — à +, dans la grande majorité des cas; par trois fois seulement, des lésions variant entre ++ et +++. Rate : + — et +. Foie : + et ++.

b. Teneur en bacilles acido-résistants (poumons) :

+ — — — à + — —	9.....	31,5%	de + — — — à + — = 75,5%
+ —	13.....	44,0	
+	3.....	10,5	de + à ++++ = 24,5%
++	2.....	7,0	
++++	2.....	7,0	

Conclusion. — Ces résultats prouvent que l'effet thérapeutique de la streptomycine, administrée en inhalation, est incontestable, tant du point de vue de l'incidence de la mortalité (3,5 % au lieu de 100 % chez les témoins), que de la teneur des poumons en *Mycobacterium tuberculosis*. Toutefois, ces résultats paraissent inférieurs à ceux qui ont été enregistrés dans nos travaux antérieurs [3], et qui concernent l'activité curative de la streptomycine injectée par voie sous-cutanée, aux doses de 1000 à 2000 U quotidiennement. Cette infériorité ressort également du fait que chez 7 des animaux sacrifiés (soit 24,5 %), nous avons constaté des signes nets de récidives microbiologiques pulmonaires [présence de bacilles d'aspect normal et en voie de pullulation, au lieu de bactéries dégénérées et fragmentées, telles qu'on les décèle dans les cellules granulo-adipeuses [4] chez les souris ayant bénéficié de la cure streptomycinique].

Ajoutons que l'inoculation au cobaye de poumons des souris traitées a révélé l'absence d'une stérilisation microbiologique radicale [5].

---

(3) C. Levaditi et A. Vaisman, *Bull. Acad. Méd.*, **131**, 1947, p. 173, 457 et 671; **132**, 1948, p. 65; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1759.

(4) De telles cellules lipophores ont été constatées en nombre variable chez les souris traitées par inhalation.

(5) Les animaux-test ont contracté la bacillose après une incubation de trois semaines.

Conclusions. — La streptomycine administrée en inhalation à des souris, contaminées au préalable par le Mycobacterium tuberculosis, *se révèle thérapeutiquement active, quoique cette activité soit inférieure à celle du même antibiotique injecté sous la peau.*

La séance est levée à 16h.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1948.

Critique et Géologie. Contribution à l'histoire des sciences de la terre (1892-1947). Tome IV, par EMMANUEL DE MARGERIE. Paris, Armand Colin, 1948; 1 vol. 28cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, 207. *Théorie et pratique des séries divergentes. La sommation des séries divergentes par l'interpolation idéale,* par PIERRE VERNOTTE. Préface de JOSEPH PÉRÈS. Paris, Service de documentation et d'information technique du Ministère de l'Air, 1947; 1 vol. 27cm.

Universidad nacional mayor de San Marcos. Lima, Peru. *The neutral element base of matter and probable cause of gravitation,* by SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO. Lima, Libreria e Imprenta Gil, S. A. Jirón Junin, 1948; 1 vol. 21cm.

The ancient volcanœs of Oregon, by HOWEL WILLIAMS. Eugene, Oregon State system of higher Education, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. *Protégeons la nature, elle nous le rendra,* par J.-P. HARROY. Bruxelles, 1946; 1 fasc. 23cm.

Id. — *Parle à la terre,* Conférence donnée à la Fondation Universitaire, le 2 mai 1946, par HENRY-G. MAURICE. Bruxelles, 1946; 1 fasc. 25cm,5.

Id. — *Les Parcs nationaux du Congo belge.* Bruxelles, Office national du tourisme de Belgique, 1938; 1 fasc. 23cm,5.

Id. — *Les Parcs nationaux et la protection de la nature.* Bruxelles, 1937; 1 fasc. 28cm.

Id. — *Mammifères et Oiseaux protégés au Congo belge,* par S. FRECHKOP. Introduction de VICTOR VAN STRÆLEN. Bruxelles, 1936; 1 fasc. 22cm,5.

Id. — *Animaux protégés au Congo belge et dans le territoire sous mandat du Ruanda-Urundi avec la législation concernant la chasse, la pêche, la protection de la nature et les parcs nationaux,* par S. FRECHKOP en collaboration avec G. F. DE WITTE, J.-P. HARROY, E. HUBERT et H. DE SÆGER. Introduction de VICTOR VAN STRÆLEN. Bruxelles, 1947; 1 vol. 21cm,5.

Id. — *Aspects de végétation des Parcs Nationaux du Congo belge.* Série 1. *Parc National Albert.* Vol. I, Fasc. 1-2, pl. 1-12; *Aperçu général de la végétation,* par W. ROBYNS, Fasc. 3-5, pl. 13-30; *La végétation du Nyiragongo,* par J. LEBRUN. Bruxelles, 1937-1942; 2 vol. 33cm.

Id. — *Premier Rapport quinquennal* (1935-1939). Bruxelles, 1 vol. 30cm.

Id. — Extrait des *Archives économiques de la Belgique et du Congo.*

Id. — *Exploration du Parc National Albert. La Faune des grands mammifères de la plaine Rwindi-Rutshuru (Lac Édouard). Son évolution depuis sa protection totale,* par E. HUBERT. Bruxelles, 1947; 1 vol. 28cm,5.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Contribution à l'étude de la Morphologie du Volcan Nyamuragira,* par R. HOIER. Bruxelles, 1939; 1 fasc. 27cm,5.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Mission G. F. de Witte* (1933-1935); Fasc. 1 : *Introduction,* par G. F. DE WITTE; Fasc. 2: *Myriapodes,* par C. ATTEMS; Fasc. 3 : *Oligochäten,* par W. MICHÆLSEN; Fasc. 4 : *Parasitic nematoda,* par J. H. SCHUURMANS STEKHOVEN Jr; Fasc. 5 : *Carabidæ,* par L. BURGEON; *Carabidæ* (*Scaritini*), par M. BÄNNINGER; Fasc. 6 : *Lucanidæ,* par L. BURGEON. Fasc. 7; *Scarabæidæ S. Fam. Cetoniinæ,* par L. BURGEON; Fasc. 8: *Brenthidæ und Lycidæ,* par R. KLEINE; Fasc. 9: *Oiseaux,* par H. SCHOUTEDEN; Fasc. 10: *Mammifères,* par S. FRECHKOP; Fasc. 11 : *Vespides solitaires et sociaux,* par J. BEQUAERT; Fasc. 12: *Onitini. Coleopera Lamellicornia. Fam. Scarabæidæ,* par A. JANSSENS; Fasc. 13 : *Haliplidæ und Dytiscidæ,* par L. GSCHWENDTNER; Fasc. 14 : *Pterophoridæ, Tortricina and Tineina,* par E. MEYRICK; Fasc. 15 : *Passalidæ,* par C. MOREIRA; Fasc. 16 : *Tardigraden,* par R. J. H. TEUNISSEN; Fasc. 17 : *Dermaptera,* par W. D. HINCKS; Fasc, 18 : *Blattids,* par R. HANITSCH; Fasc. 19 : *Gyrinidæ,* par G. OCHS; Fasc. 20: *Geometridæ* (*Lep. Het.*), par H. DEBAUCHE; Fasc. 21: *Scarabæini. Coleoptera Lamellicornia. Fam. Scarabæidæ,* par A. JANSSENS; Fasc. 22 : *Nématodes libres terrestres,* par J. H. SCHUURMANS STHEKOVEN et R. J. H. TEUNISSEN; Fasc. 23: *Curculionidæ. S. Fam. Apioninæ,* par L. BURGEON; Fasc. 24 : *Poissons,* par M. POLL; Fasc. 25 : *Oniticellini. Coleoptera Lamellicornia. Fam. Scarabæidæ,* par A. JANSSENS; Fasc. 26 : *Histeridæ,* par L. BURGEON; Fasc. 27: *Arthropoda; Hexapoda*: 1. *Orthoptera : Mantidæ,* par M. BEIER; 2. *Cryllidæ,* par L. CHOPARD. 3. *Coleoptera : Cicindelidæ,* par W. HORN; 4. *Rutelinæ,* par F. OHAUS; 5. *Heteroceridæ,* par R. MAMITZA; 6. *Prioninæ,* par A. LAMEERE. *Arachnoidea*; 7. *Opiliones,* par C. FR ROEWER. Fas. 28; *Curculionidæ,* par A. HUSTACHE; Fasc. 29: *Coprini. Coleoptera Lamellicornia. Fam. Scarabæidæ,* par A. JANSSENS; Fasc. 30 : *Lepidoptera Rhopalocera,* par L. BERGER; Fasc. 31: *Galerucinæ* (*Coleoptera phytophaga. Fam. Chrysomelidæ,* par V. LABOISSIÈRE; Fasc. 32: *Homoptera : Cicadidæ, Cercopidæ, Fulgoridæ, Dictyophoridæ, Ricaniidæ, Cixiidæ, Derbidæ, Flatidæ,* par V. LALLEMAND; Fasc. 33: *Batraciens et Reptiles,* par G. F. DE WITTE. Introduction de V. VAN STRÆLEN; Fasc. 34 : *Coccinellidæ, I. Teil,* par L. MADER; Fasc. 35: *Aphodiinæ* (*Coleoptera Lamellicornia Fam. Scarabæidæ*), par R. PAULIAN; Fasc. 36: *Languriinæ et Cladoxeninæ* (*Colcoptera clavicornia*) *Fam. Erotylidæ,* par A. VILLIERS; Fasc. 37: *Chrysomelidæ. S. Fam. Eumolpinæ,* par L. BURGEON; Fasc. 38 : *Dynastinæ.* (*Coleoptera lamellicornia*) *Fam. Scarabæidæ,* par A. JANSSENS; Fasc. 39: *Halticinæ* (*Coleoptera phytophaga*) *Fam. Chrysomelidæ,* par V. LABOISSIÈRE.; Fasc. 40 : *Lagriidæ und Alleculidæ* (*Coleoptera heteromera*), par F. BORCHMANN; Fasc. 41 : *Lepidoptera heterocera,* par H. DEBAUCHE; Fasc. 42 : *Hispinæ* (*Coleoptera phytophaga*) *Fam. Chrysomelidæ,* par E. UHMANN; Fasc. 43 : 1. *Pentastomida,* par R. HEYMONS; 2. *Orthoptera : Phasmidæ,* par K. GUENTHER; 3. *Hemiptera : Membracidæ,* W. D. FUNKHOUSER; 4. *Coleoptera : Sylphydæ,* par A. JANSSENS; 5. *Dryopidæ,* par J. DELÈVE; 6. *Lymexylonidæ,* par L. BURGEON; 7. *Bostrychidæ,* par P. LESNE; 8. *Geotrupinæ,* par A. JANSSENS; 9. *Cassidinæ,* par F. SPÆTH; 10. *Ipidæ,* par H. EGGERS; 11. *Platypodidæ,* par P. E. SCHEDL; 12. *Hymenoptera : Sphegidæ,* par G. ARNOLD; Fasc. 44 : *Trichoptera,* par G. MARLIER; Fasc. 45 : *Reduviidæ, Emesidæ, Henicocephalidæ* (*Hemiptera heteroptera*), par H. SCHOUTEDEN; Fasc. 46 : *Hybosoridæ et Trogidæ* (*Coleoptera lamellicornia*), par R. PAULIAN; Fasc. 47 : *Microgasterinæ* (*Hymenoptera apocrita*), par H. DE SÆGER; Fasc. 48 : *Chalcididæ* (*Hymenoptera chalcidoidea*), par G. SCHMITZ; Fasc. 50 : *Eupho-*

rinæ (*Hymenoptera apocrita*) *Fam. Braconidæ*. par H. DE SÆGER; Fasc. 51 : *Helomyzinæ* (*Diptera brachycera*) *Fam. Helomyzidæ*, par A. COLLART; Fasc. 52 : *Sphærocerinæ* (*Diptera acalyptratæ*), par P. VAN SCHUYTBROECK; Fasc. 53 : *Cardiochillinæ et Sigalphinæ* (*Hymenoptera apocrita*) *Fam, Bradonidæ*, par H. DE SÆGER; Fasc. 54 : *Buprestidæ* (*Coleoptera sternoxia*), par A. THÉRY. 53 fasc. 28cm.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Mission P. Schumacher* (1933-1936); Fasc. 1 : *Die Kivu-Pygmäen und ihre soziale Umwelt im Albert-Nationalpark*, par P. SCHUMACHER; Fasc. 2 : *Anthropometrische Aufnahmen bei den Kivu-Pygmäen*, par P. SCHUMACHER. 2 fasc. 28cm.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Mission H. Damas* (1935-1936); Fasc. 1 : *Recherches hydrobiologiques dans les lacs Kivu, Édouard et Ndalaga*, par H. DAMAS; Fasc. 2 : *Spongilliden*, par W. ARNDT; Fasc. 3 : *Copépodes harpacticoïdes*, par P. A. CHAPPUIS; Fasc. 4 : *Mœrisia Alberti nov. sp. Hydropolype dulcicole*, par E. LELOUP; Fasc. 5 : *Rotifères*, par P. DE BEAUCHAMP; Fasc. 6 : *Poissons*, par M. POLL et H. DAMAS; Fasc. 7 : *Cladocera*, par V. BREHM; Fasc. 9 : *Nématodes libres d'eau douce*, par J. H. SCHUURMANS STEKHOVEN Jr; Fasc. 10 : *Nématodes parasites*, par J. H. SCHUURMANS STEKHOVEN Jr; Fasc. 11 : *Trichoptera*, par G. MARLIER; Fasc. 12 : *Ostracoda*, par W. KLIE; Fasc. 13 : *Collemboles*, par G. MARLIER; Fasc. 14 : *Acari* (*Hydrachnellæ exclus*), par J. COOREMAN. 13 fasc. 28cm.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Mission J. Lebrun* (1937-1938); Fasc. 1 (2 vol.) : *La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Édouard*, par J. LEBRUN; Fasc. 6 : *Mousses*, par F. DEMARET et V. LEROY; Fasc. 8 : *Desmidiées*, par P. VAN OYE; Fasc. 9 : *Rhizopodes*, par P. VAN OYE; Fasc. 10 : *Cyanophycées*, par P. DUVIGNEAUD et J. J. SYMOENS, 6 fasc. 28cm,5.

Id. — *Exploration du Parc National Albert. Mission S. Frechkop* (1937-1938); Fasc. 1 : *Mammifères*, par S. FRECHKOP; Fasc. 2 : *Oiseaux*, par R. VERHEYEN, 2 fasc. 28cm.

Id. — *Exploration du Parc National de la Kagera. Mission S. Frechkop* (1938); Fasc. 1 : *Mammifères*, par S. FRECHKOP; Fasc. 2 : *Oiseaux*, par R. VERHEYEN. 2 fasc. 28cm, 5.

Id. *Exploration du Parc National Albert et du Parc National de la Kagera. Mission L. van den Berghe* (1936); Fasc. 1 : *Enquête parasitologique*. I. *Parasites du sang des vertébrés*, par L. VAN DEN BERGHE; Fasc. 2; *id.* II. *Helminthes parasites*, par L. VAN DEN BERGHE. 2 fasc. 28cm, 5.

Encyclopédie biologique. XXIX. *Les richesses de la mer. Technologie biologique et océanographique*, par NOËL BOUDAREL. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Fage).

Faune de l'Empire français. X. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (Deuxième partie), par RENÉ JEANNEL. Paris. Office de la Recherche scientifique coloniale. Éditions du Muséum et Librairie Larose, 1948; 1 vol. 28cm (présenté par M. L. Fage).

Traité pratique de chimie végétale à l'usage des laboratoires et de l'agronomie métropolitaine et coloniale, par A. BRUNEL. Tome I. Tourcoing, Éditions Georges Frère, 1948.

Tratado de parasitologia animal, par PEDRO BELOU. Parte Ia. Buenos-Aires, Las Ciencias, 1908; 1 vol. 26cm,5.

Contribucion al estudio de la anatomia de los huesitos, ligamentos y articulaciones del ordo medio; relaciones con la mucosa de la caja del timpano, par PEDRO BELOU. Buenos-Aires, Estab. Grafico Oceana, 1911; 1 vol. 29cm.

Conferencia inaugural del curso de anatomia descriptiva. Parte I et Ia, par PEDRO BELOU. Buenos-Aires, Estab. grafico Oceana, 1914 et 1915; 1 fasc. 23cm.

Anatomia de los conducios biliares y de La Arteria cistica, par PEDRO BELOU. Buenos-Aires, Imp. Oceana, 1915; 1 vol. 29cm.

Conferencias y discursos durante diez años del actuacion universitaria 1914-1924, par PEDRO BELOU. Imp. Oceana, 1924; 1 vol. 23cm.

Atlas de anatomia del Organo del Oido y de las Regiones con el vinculadas, par PEDRO BELOU. Buenos-Aires. Estab. Grafico Oceana, 1930; 1 vol. 27cm.

Revision anatomica del sistema arterial con la colaboracion radiografica de Angel A. Alsina. Tome I. : *Tecnica.* — Tomes II et III : *Atlas estereoscopico de anatomia de las arterias.* Primera et Segunda parte. Buenos-Aires, Libreria y Editorial el Ateneo, 1934; 3 vol. 26cm,5.

Rara presentacion de una arteria subclavia derecha retrœsofagica, que ha determinado una estenosis esofagica y una impresion manifiesta sobre la cara mediostinica del pulmon, par PEDRO BELOU. Extracto de la *Revista Chilena de Historia natural*, 1936; 1 fasc. 25cm.

Revision de la morfologia del sistema arterial en la especie humana, mediante los viejos y nuevos procedimientos de analisis e interpretacion, par PEDRO BELOU. Rosario, Tall. Graf. Pomponio. 1940; 1 fasc. 25cm,5.

El profesor Pedro Belou terminó su Trigésimo año de docencia oficial en la Cátedra de anátomia descriptiva de la Facultad de ciencias medicas de Buenos-Aires. Buenos-Aires, *La Semana Medica*, 1944; 1 fasc. 27cm.

Después de treinta años de actuación en la catedra disquisicion conmigo mismo, par PEDRO BELOU. Extracto de *La Semana Médica*, n° 29, 1944. Buenos-Aires, Imp. de E. Spinelli, 1944; 1 fasc. 19cm,5.

Inauguration del 31° curso anual del Prof. Pedro Belou. Extracto de *La Semana Medica*, n° 21, 1944. Buenos-Aires, Imp. de E. Spinelli, 1945; 1 fasc. 20cm.

El hombre nuestro terna morfologico, par PEDRO BELOU. Buenos-Aires, La Semana Medica, 1945; 1 vol, 27cm.

Métallurgie du fer, par L. COLOMBIER. Paris, Dunod, 1948; 1 vol. 24cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences. N° 2. *Actes du Ve Congrès international d'histoire des sciences.* Lausanne (30 septembre-6 octobre 1947), Paris, Académie internationale d'histoire des sciences, et Hermann et Cie.

Université indochinoise. Notes et travaux de l'École supérieure des sciences. N° 1, 1942 : *Les Mammifères de la collection du laboratoire de zoologie de l'École supérieure des sciences*, par RENÉ BOURRET. — N° 2, 1943 : *Notes herpétologiques sur l'Indochine française*, par RENÉ BOURRET. — N° 3, 1944 : *Mammifères récemment entrés dans les collections du laboratoire de zoologie de l'École supérieure des sciences. Description d'une variété nouvelle*, par RENÉ BOURRET. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient; 3 fasc. 27cm,5.

Id. — Publications de l'Ecole supérieure des sciences. *Les oiseaux du Tranninh*, par DAVID BEAULIEU. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1944; 1 vol. 27cm,5.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 NOVEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Charles Ellis**, Membre de la « Royal Society », MM. **Jean Timmermans**, Professeur à l'Université de Bruxelles, et **Edward F. Collingwood**, de l'Université de Cambridge, Angleterre, qui assistent à la séance.

Sir **Charles Ellis** donne lecture des adresses de la « Royal Society of London » et de la « Royal Institution of Great Britain », qu'il a mission de représenter aux Cérémonies de transfert au Panthéon des cendres de Jean Perrin et Paul Langevin.

Une autre adresse, émanant de l'Académie Royale des Sciences de Suède, est lue par M. le Président au nom de M. **Arne Tiselius**, Membre de cette Académie, qui s'est excusé de ne pouvoir assister à la séance.

M. **André Mazon**, de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, dépose sur le Bureau, de la part de l'**Académie polonaise des Lettres et des Sciences de Cracovie**, un exemplaire de la Médaille qui a été frappée à l'occasion du soixante-quinzième anniversaire de la fondation de cette Académie.

M. **Léon Binet** attire l'attention de l'Académie sur le point qu'il y a exactement un siècle, **Claude Bernard** a fait ici sa première communication sur la fonction glycogénique du foie. Dans la séance du 13 novembre 1848 [1], Claude Bernard et Charles Barreswil ont décrit *la présence du sucre dans le foie*. « Nous avons l'honneur, ont-ils écrit, de mettre sous les yeux de l'Académie, un échantillon d'alcool provenant de la fermentation du *sucre* dont nous avons reconnu la présence dans le tissu du foie. »

---

[1] *Comptes rendus*, 27, 1848, p. 515.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Solution d'un paradoxe.*
Note de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

Bridgman [1] le présente dans les termes suivants :

Un corps solide de forme géométrique définie, mais dont les dimensions absolues varient, est fixé au sein d'un courant liquide et maintenu à une température définie et supérieure à celle du liquide en des points éloignés du corps. Il faut trouver le taux auquel la chaleur est transmise au liquide.

Nous appellerons ici l une des dimensions homologues de la famille de solides considérés; les paramètres afférents au liquide seront : w sa vitesse uniforme, χ sa conductivité calorifique, c sa capacité calorifique *volumique*, θ sa température absolue à l'infini; le flux thermique total sera dq/dt.

Bridgman indique que Lord Rayleigh [2], considérant la chaleur et la température comme des grandeurs *sui generis*, aboutit à la forme

$$\frac{\frac{dq}{dt}}{\theta\chi l}=\Phi\left(\frac{clw}{\chi}\right), \tag{1}$$

avec, seulement, les deux variables de Vaschy que cette écriture rend bien apparentes. Vient ensuite une objection soulevée par Riabouchinsky [3] :

Si nous supposons que trois seulement de ces grandeurs sont *réellement indépendantes*, nous arrivons à un résultat différent. Si, par exemple, la température est définie comme étant l'énergie cinétique moyenne des molécules, le principe de similitude nous permet seulement d'affirmer que

$$\frac{\frac{dq}{dt}}{\theta\chi l}=\Phi\left(\frac{w}{\chi l^2},\ cl^3\right). \tag{2}$$

Cette écriture fait ressortir les trois variables de Vaschy qui apparaissent maintenant, comme il se doit.

Et Lord Rayleigh de répondre [4] :

La question soulevée par le Dr Riabouchinsky ressortit plutôt à la logique qu'à l'application du principe de similitude. Elle vaudrait bien une discussion plus approfondie. ... Ce serait en vérité un paradoxe si une connaissance plus poussée de la nature de la chaleur comme nous la fournit la théorie moléculaire nous mettait en pire posture qu'auparavant en traitant un problème particulier.

---

(1) *Dimensional Analysis*, Yale University Press, 1933, p. 9.
(2) *Nature*, vol. 15, 1915, p. 66.
(3) *Nature*, 95, 1915, p. 591.
(4) *Ibid.* p. 644.

Bridgman ne suggère aucune solution.

A. W. Porter mentionne aussi cette discussion en ces termes :

Une discussion quelque peu obscure et peu concluante prit naissance dans *Nature* (29 juillet 1935).

Mais la suite n'apporte guère plus de lumière. Il semble donc naturel que la question ait été reprise récemment en une analyse qui conclut :

L'équation [(1) ci-dessus] étant visiblement un cas particulier de l'équation [(2) ci-dessus], il n'y a pas contradiction... En réalité le paradoxe vient simplement de l'oubli de la condition essentielle de validité du théorème de Vaschy, savoir l'invariance de l'équation *cherchée* dans le type employé. Si l'on passe d'un type assurant cette invariance à un autre donnant un k plus élevé (*un moindre nombre de variables de Vaschy*), rien ne garantit *a priori* que l'invariance subsiste.

De tels raisonnements purement mathématiques, hâtifs et superficiels son toujours risqués; nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

Pour le physicien, la question se présente comme il suit :

Étudiant un phénomène, il constate que, n grandeurs Gy participent et qu'il doit donc exister, entre leurs mesures g, une relation

$$\Phi(g_1, g_2, g_3, \ldots, g_n) = 0. \tag{3}$$

Vaschy nous apprend que, si nous exprimons les mesures g au moyen de k grandeurs principales [5], nous pouvons écrire

$$\Phi(g_1, g_2, \ldots, g_n) \equiv \Psi(\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{n-k}), \tag{4}$$

les ϖ étant $(n-k)$ variables indimensionnées et *indépendantes*, c'est-à-dire qui ne sont liées *entre elles* par aucune relation autre que $\Psi = 0$ ou, ce qui revient au même, que les ϖ peuvent s'exprimer en fonction des g, et réciproquement *d'une seule manière*.

Pour tenter d'éclaircir enfin la difficulté, je la présenterai tout à l'inverse de Bridgman,

1. Admettant que nous connaissons la nature intime de la chaleur et de la température, cherchons à exprimer les variables de Vaschy par la méthode que j'ai maintes fois indiquée [6] :

(5)

	l	χ	θ	c	$\frac{dq}{dt}$	w
L....	1	—1	2	—3	2	1
M...	0	0	1	0	1	0
T....	0	—1	—2	0	—3	—1
	x	y	z	1	1	1

[5] Je présente ici le raisonnement *mathématique* général où k peut être égal ou supérieur à trois; pour *principales*, cf. *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 493.

[6] *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 755; *L'Analyse dimensionnelle*, Paris, 1948, p. 129; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1937 et **227**, 1948, p. 494.

nous obtiendrons les trois variables *principales* (⁷)

$$(6)\qquad \varpi_1 = cl^3,\qquad \varpi_2 = \frac{\frac{dq}{dt}}{l\chi\theta},\qquad \varpi_3 = \frac{w}{l^2\chi}.$$

2. Supposons maintenant que *nous feignons d'ignorer* la nature intime de la chaleur sans ignorer celle de la température

(7)

	l	χ	θ	c	$\frac{dq}{dt}$	w
L....	1	−1	2	−5	0	1
M...	0	0	1	−1	0	0
T....	0	−1	−2	2	−1	−1
Q....	0	0	0	1	1	0
	x	y	z	u	1	1

nous serons conduits aux deux variables de Vaschy :

$$(8)\qquad \varpi'_1 = \frac{\frac{dq}{dt}}{l^4\chi\theta c},\qquad \varpi'_2 = \frac{w}{l^2\chi}.$$

3. Supposons enfin que nous voulions *feindre d'ignorer*, à la fois la nature intime de la chaleur et celle de la température; nous serons conduits à un tableau des exposants à cinq lignes, où il correspond à M une ligne de zéros. Cette grandeur principale se trouvant ainsi éliminée de nos équations (fait que les auteurs passent sous silence), nous retombons sur quatre grandeurs principales, quatre en évidence et deux variables de Vaschy, qui sont :

$$(9)\qquad \varpi''_1 = \frac{\frac{dq}{dt}}{l\chi\theta},\qquad \varpi''_2 = \frac{wlc}{\chi}.$$

On voit que

$$(10)\qquad \varpi'_1 = \varpi_1^{-1}\varpi_2 \quad\text{et}\quad \varpi''_2 = \varpi_1\varpi_3,$$

conformément à la règle que j'ai antérieurement indiquée (⁸); c'est-à-dire que notre ignorance *graduellement feinte* nous conduit successivement à

$$(11)\qquad \frac{dq}{dt} = l\chi\theta . f_1(\varpi_1, \varpi_3);\qquad \frac{dq}{dt} = l\chi\theta . \varpi_1 . f_2(\varpi_3);\qquad \frac{dq}{dt} = l\chi\theta . f_3(\varpi_1\,\varpi_3).$$

L'erreur ne provient nullement de ce que nous ayons perdu de vue la condition d'invariance; *nous savons au contraire qu'elle est toujours satisfaite* puisque les variables ϖ sont indimensionnées dans les trois cas; c'est la critique

(⁷) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 493.
(⁸) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 496.

faite en ce sens qui a perdu de vue le fait que *la valeur de toute fonction de variables indimensionnées* demeure inaffectée par un changement d'unités.

L'erreur provient de ce qu'en augmentant *arbitrairement* le nombre des grandeurs principales au delà de trois, nous introduisons entre les variables *indépendantes* initiales de Vaschy *des liaisons arbitraires par produits de puissances.* Bien que les variables ainsi obtenues, tout en n'étant plus principales soient encore indépendantes (9), ces liaisons peuvent n'être pas *physiquement* légitimes. Le paradoxe semble enfin éclairci : contrairement à l'affirmation trop classique, le Physicien n'a pas la liberté d'augmenter à volonté le nombre des grandeurs qu'il choisit comme principales; je l'ai montré par d'autres considérations encore (10). La signification profonde du nombre de trois grandeurs fondamentales s'impose une fois de plus à notre esprit.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Répartition du champ réfléchi par l'ionosphère en l'absence d'absorption.* Note (*) de MM. **Pierre Lejay** et **Dimitri Lepechinsky.**

I. *Détermination graphique des trajectoires virtuelles de propagation. — a. Cas de la Terre et de l'ionosphère plane.* — Il est possible, en s'appuyant sur la relation d'équivalence de Martyn (en vertu de laquelle une onde de fréquence f' attaquant l'ionosphère sous l'incidence i se réfléchit à la même hauteur virtuelle qu'une onde de fréquence f émise sous incidence verticale, lorsque f et f' vérifient l'équation $f=f'\cos i$), de déterminer graphiquement le lieu des points de réflexion des rayons issus d'un émetteur O travaillant sur une fréquence f' en présence d'un état ionosphérique caractérisé par une courbe S_v du sondage vertical de l'ionosphère. Portons sur l'axe des fréquences (abscisses) du sondage (*fig.* 1) une seconde échelle représentant les distances horizontales à l'émetteur, l'unité de longueur étant la même que celle de l'échelle des hauteurs virtuelles (ordonnées) du sondage. Traçons le cercle de centre O et de rayon égal à f'. Un rayon OA, issu de O sous l'angle i, coupe le cercle en B. Rabattons en C' la projection OC de OB sur l'axe des ordonnées. On voit que la fréquence verticale OC' est équivalente à la fréquence oblique f'. En effet, $OC'=OC=OB\cos i=f'\cos i$.

La hauteur virtuelle de réflexion du rayon OA sera égale à C'D et le point de réflexion du rayon OA sera le point P intersection de OA et de l'horizontale menée par D. En répétant la même construction pour toutes les valeurs de i, on obtient le lieu des points de réflexion P correspondant à la fréquence choisie f' et au sondage vertical considéré. On appellera ce lieu *réflectrice* pour

(9) Lucien Féraud, 1942, cf. *L'Analyse dimensionnelle*, 1948, p. 125.

(10) Par mon principe de la loi-limite; *L'Analyse dimensionnelle*, 1948, *p.* 204.

(*) Séance du 8 novembre 1948.

la fréquence f'. On constate que lorsque f' est supérieure à la fréquence critique à la verticale f_c du sondage, la réflectrice à la forme d'un V incliné dont les branches sont d'autant plus fermées que f' est plus élevée (*fig.* 2).

Lorsque $f' = f_c$, la branche supérieure de V est asymptotique à la verticale passant par l'émetteur. Lorsque $f' < f_c$, la réflectrice affecte la forme d'un

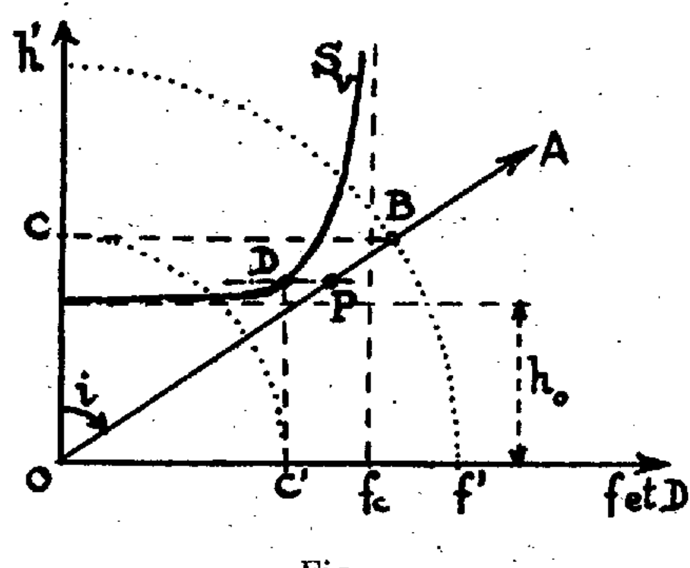


Fig. 1.

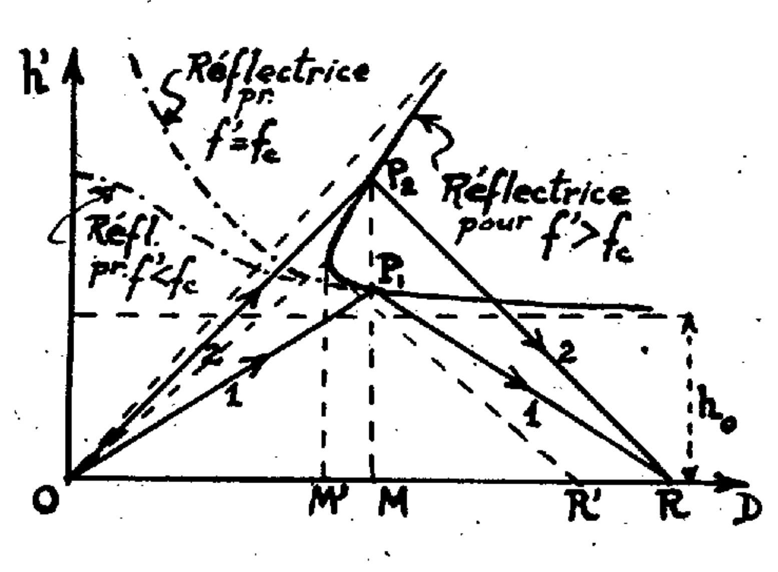


Fig. 2.

dôme surplombant l'émetteur. La branche inférieure de la réflectrice est toujours asymptotique à l'horizontale située à l'altitude h_0 de la base de la couche ionisée. On remarque qu'un point R situé à une distance suffisante de l'émetteur est atteint par deux rayons issus de O sous des angles différents, lorsque $f' > f_c$. Le même point n'est atteint que par un seul rayon lorsque $f' \leq f_c$. Dans le premier cas, les deux rayons se confondent en un seul pour un certain point R'. La distance OR' est la distance minimum à laquelle peut parvenir au sol l'énergie issue de O. Un cercle de centre O et de rayon $OR' = 2\,OM'$ délimite donc la zone de silence pour la fréquence f'.

b. Cas de la Terre et de l'ionosphère courbe. — La détermination exacte des réflectrices est dans ce cas plus laborieuse, la relation d'équivalence faisant intervenir la hauteur réelle de réflexion. Elles peuvent toutefois être construites aisément avec une approximation suffisante à partir des courbes dites *de transmission* de la méthode américaine en usage pour la détermination des fréquences maxima utilisables.

II. *Champ réfléchi par l'ionosphère en l'absence d'absorption.* — La forme et la position d'une réflectrice par rapport à l'émetteur O permettent de déterminer la variation, en fonction de l'angle de départ i avec la verticale d'un rayon, de la distance au point R atteint par ce rayon après réflexion sur l'ionosphère et, par suite, la variation de la surface de la calotte sphérique de sommet O engendrée par l'arc OR. Par ailleurs, l'émetteur étant supposé ponctuel et d'un rayonnement isotrope, la puissance rayonnée par celui-ci dans un cône d'axe vertical, de demi-angle au sommet i, est proportionnelle à l'angle solide correspondant. A une variation Δi de l'angle de départ correspondent donc à la fois une variation ΔP de la puissance transmise et ΔS de la surface couverte

par le rayonnement. Le rapport de ces quantités déterminera la densité de puissance $\Delta P/\Delta S$ créée au sol à la distance atteinte par le rayon.

On constate que la loi de variation du champ est loin d'être celle de l'inverse de la distance et que, par ailleurs, il y a *focalisation de l'énergie* tant à la distance correspondant en terre courbe au rayon issu de l'émetteur tangentiellement à la surface du globe (fait déjà connu), qu'à la *limite de la zone de silence*. Le champ dépend en effet de la distance D à l'émetteur, de la pente de la réflectrice au point de réflexion du rayon (angle β avec la verticale) et des angles de départ (i) et d'incidence (i') de la trajectoire virtuelle du rayon, c'est-à-dire en définitive, *non seulement de l'éloignement mais aussi de la fréquence émise ainsi que de l'altitude et du gradient d'ionisation de la couche réfléchissante*. Le calcul montre que la densité de puissance comptée normalement à la direction de propagation est donnée par la relation :

$$d_n = \frac{P \operatorname{tg} i}{4\pi R^2 \sin \frac{D}{R} \frac{\operatorname{tg}\beta(\operatorname{tg} i - \operatorname{tg} i')}{\operatorname{tg} i(\operatorname{tg} i' + \operatorname{tg}\beta)}},$$

où P est la puissance rayonnée totale et R le rayon de la terre.

Le champ peut être déterminé par la même méthode pour un trajet en plusieurs *bonds*. On constate que, dans le cas d'un sol parfaitement réfléchissant, un supplément notable d'énergie parvient au récepteur par de tels trajets. Si, dans cette hypothèse, la réflectrice est supposée parallèle au sol, l'énergie parvient au récepteur par un nombre de trajets infini. Le calcul montre que dans ce cas, en admettant que le champ résultant soit égal à la somme quadratique des champs composants, le champ en un point peut atteindre le double de celui créé au même point par le trajet en un seul bond.

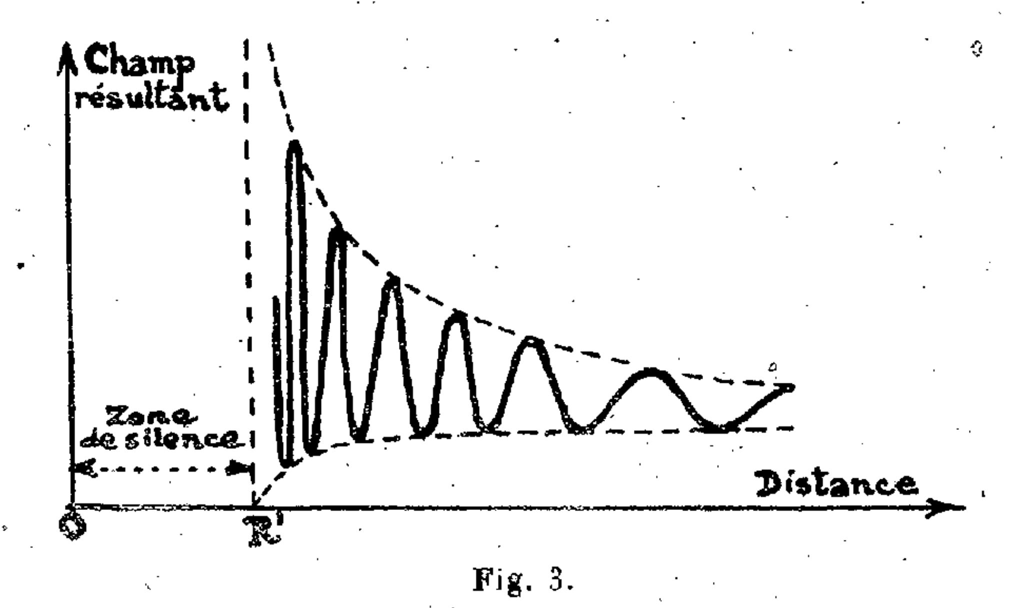


Fig. 3.

Nous avons vu que lorsque $f' > f_c$, tout point du sol situé au delà de la zone de silence, est atteint par deux rayons issus de l'émetteur sous des angles différents. Les deux trajectoires virtuelles étant, en raison de la forme en V de la réflectrice, de longueurs d'autant plus différentes que le point du sol considéré est plus éloigné de l'émetteur, les deux ondes parviennent au sol

avec une différence de phase variable avec la distance. Leur interférence donne lieu à des maxima et des minima stationnaires du champ résultant. On constate que ces maxima s'écartent les uns des autres et s'atténuent à mesure que l'on s'éloigne de l'émetteur. Le champ au voisinage de la limite de la zone de silence présente, par contre, des variations d'amplitude considérables (*fig.* 3). Il est évident, dans ces conditions, que la moindre variation de l'état ionosphérique doit provoquer dans cette région un fading très accusé.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Considérations sur la dissociation thermique du carbonate de calcium.* Note de M. **Louis Hackspill** et Mlle **Hélène Ostertag.**

La dissociation du carbonate de calcium a, on le sait, fait l'objet de nombreuses recherches. La place nous manque pour donner ici la bibliographie complète de cette question. L'un de nous l'a étudiée longuement, soit seul, soit en collaboration.

Il a montré que la réaction :

$$CO_3Ca \rightleftharpoons CO_2 + CaO - 38.500^{cal}$$

est parfaitement réversible lorsqu'on part de calcite naturelle ou artificielle.

Nous entendons par là que le carbonate de calcium résultant de la combinaison de chaux et d'anhydride carbonique (carbonate reconstitué) cristallise en rhomboèdres, donnant le même spectre X que la calcite ([1]). Il n'y a en aucun cas formation de carbonate basique.

Il convient cependant d'observer un certain nombre de précautions pour que la pression mesurée corresponde bien à l'équilibre :

1° Les gaz occlus dans le carbonate de calcium doivent en être chassés au début de l'opération, mais sans pour cela pousser à l'extrême, car une trace de vapeur d'eau augmente considérablement les vitesses de réaction dans les deux sens.

Cette observation a été confirmée par Schenk ([2]) qui a vu également l'importance de la grosseur des cristaux sur cette même vitesse, les petits réagissant plus vite que les gros.

2° Il ne faut pas prolonger l'expérience pendant plusieurs jours, surtout pour les températures supérieures à 800°C., car cela aurait pour résultat de rendre la chaux complètement incapable d'absorber l'anhydride carbonique. C'est pour cela qu'un grand excès de chaux est favorable comme l'ont constaté Jolibois et Bouvier ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1261.
([2]) *Z. Elektrochemie*, **42**, 1936, p. 747-752.
([3]) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1182.

D'autre part nos essais nous ont convaincus que l'un des facteurs de succès est de travailler avec un appareil aussi simple que possible et muni d'un minimum de rodages et de robinets. Le four à réglage automatique, système Chevenard-Joumier, convient parfaitement au chauffage. Le tube contenant le carbonate est en porcelaine ou en silice.

Un dispositif beaucoup moins simple a été préconisé par Setsuro Tamaru, Kengo Siomi et Masaaki Adati ([4]) dans un Mémoire fort intéressant du point de vue théorique, mais qui ne semble pas apporter de résultat expérimental plus précis que ceux obtenus précédemment. Nous estimons donc qu'il n'y a pas lieu de revenir sur la décomposition de la calcite pure entre 600° et 900°, puisque nos résultats ainsi que ceux de Morris concordent de façon satisfaisante avec ceux de Johnston ([5]) et de Smith et Adams ([6]).

Valeurs de p en mm/Hg $\left(\text{relevées sur les courbes } \log p \Big/ \frac{1}{T}\right)$ des Auteurs suivants :

T (°C.).	Johnston.	Smith et Adams.	Nous-mêmes.	Morris.
650........	7,5	6,9	7,7	7,7
700........	23,7	22,0	22,4	23,7
750........	45,5	41,7	42,9	43,8
800........	178	165	170	166

Tous ces résultats justifient l'emploi de la formule calculée par Johnston

$$\log p = \frac{-9340}{T} + 1,1 \log T - 0,0012\, T + 8,882,$$

où p est la pression en mm/Hg et T la température absolue.

Comme Schenk l'a constaté, la présence d'impuretés solides, spécialement de silice, modifie complètement les résultats.

L'influence de gaz ne réagissant pas chimiquement sur les corps en présence a fait l'objet d'une longue et minutieuse étude. On admet *a priori* que cette action est nulle ; toutefois, en ce qui concerne les tensions de vapeur on a constaté dans un certain nombre de cas l'action d'une pression de gaz inerte. C'est ainsi que Villard ([7]) a montré qu'en comprimant un gaz sur du brome, on augmentait la pression de vapeur de ce liquide par suite d'une sorte de dissolution de sa vapeur dans le gaz comprimé. Il y avait donc lieu de procéder à une vérification expérimentale. L'un de nous, en collaboration avec Roger Caillat et Mlle Cheutin ([8]), a mesuré les tensions de dissociation du carbonate

---

([4]) *Z. physik. Chem.*, A, **157**, 1931, p. 447.
([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **32**, 1910, p. 938.
([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **45**, 1923, p. 1167.
([7]) *Journ. Phys.*, (3), **5**, 1896, p. 453.
([8]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 838.

de calcium par la méthode dynamique de Centnerszwer et Andrussow ([2]). Les résultats obtenus concordent de façon satisfaisante avec ceux de Johnston. Si, par contre, on applique la même méthode en présence de pressions variables d'hélium, d'argon, de krypton, d'azote et d'oxygène, on obtient sensiblement les mêmes courbes pour chacun de ces gaz, mais pour une même température, les pressions de dissociation sont d'autant plus petites que la pression de gaz inerte est plus élevée. Nous avons repris ces expériences par la méthode statique en nous entourant de toutes les précautions désirables et cette fois il a été constaté que la pression supplémentaire apportée par un gaz inerte ne modifie pas l'équilibre final dans la limite des erreurs de l'expérience. Voici quelques résultats pris parmi nos nombreuses déterminations :

	Vide + xV Argon		Équilibre + xV Argon		
Volumes gazeux.	T (°C.).	Augmentation de volume corrigée (mm).	T (°C.).	Pression de l'équilibre.	Augmentation de volume corrigée (mm).
1.......	785	41,96	784	134,55	42,55
2.......	»	42,78	»	»	42,30
3.......	»	42,73	»	»	42,50
1.......	808	42,27	808	197,55	43,34
2.......	»	43,02	»	»	43,05
3.......	»	43,01	»	»	42,97

Ces résultats nous ont amenés à reprendre les expériences par la méthode consistant à établir à froid une pression gazeuse et à élever ensuite la température. Dans ce cas l'établissement de l'équilibre est considérablement retardé, mais ce dernier est finalement atteint, même après plusieurs jours, comme le montre le tableau suivant :

Pression du gaz inerte.	T°C.	Pression de l'équilibre sans addition de gaz inerte.	Pression de CO_2 obtenue en présence de gaz inerte.
143,1 air................	652	7,5	8,3
145,2 »	733	49,5	51,35
146,8 »	818	222,9	219,9
42,3 argon............	759	81,25	81,05
127,55 »	759	81,25	81,65

Toutes ces expériences ont été faites en présence de krypton, d'argon, d'air séché et décarbonaté.

Il y a donc une réserve à faire quant à la méthode dynamique qui n'est pas applicable dans tous les cas.

([2]) *Z. physik. Chem.*, **111**, 1924, p. 79.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Magnétisme cosmique et rayons cosmiques.* Note de M. **Alexandre Dauvillier.**

Les enregistrements de rayons cosmiques poursuivis par S. E. Forbush, à Cheltenham, par A. Ehmert, à Friedrichshafen et par quelques autres auteurs, montrant l'émission, par le Soleil, d'un rayonnement pénétrant à la suite d'éruptions chromosphériques, semblent justifier l'opinion que ces rayons sont d'origine stellaire et qu'ils sont émis par un processus électromagnétique. En 1931, à la suite de l'élaboration de la théorie aurorale basée sur l'excitation d'électrons ionosphériques secondaires, mécanisme qui exigeait l'émission d'électrons primaires solaires, atteignant $5,5.10^{10}$ eV, j'ai vu ([1]) dans le Soleil la source de l'énergie des rayons cosmiques. En 1933, Swann ([2]) a cru trouver dans les variations de flux magnétique des taches solaires en évolution, les accélérateurs électroniques engendrant ces rayons. E. Regener ([3]), à la suite de ses mesures stratosphériques, crut également que le Soleil en était une source notable.

Les observations poursuivies depuis cette époque ont montré, qu'en réalité, le Soleil n'était qu'une source rare et sporadique de rayons cosmiques primaires et que ceux-ci étaient constitués, non d'électrons, mais de particules chargées positivement et principalement de protons doués d'une bien plus grande énergie.

P. Freier, E. J. Lofgren, E. P. Ney, F. Oppenheimer, H. L. Bradt et B. Peters([4]) ont même récemment montré, par des mesures effectuées à 28 km d'altitude, au moyen d'émulsions photographiques et de chambres de Wilson automatiques, que la radiation primaire comportait des particules lourdes, de masse de l'ordre de 40, douées d'une grande énergie, capables de produire de larges traces, mille fois plus longues que celles de particules α.

Les particules chargées, accélérées par les variations de flux des champs magnétiques stellaires, ne peuvent être que celles constituant les régions les plus externes des étoiles, c'est-à-dire celles responsables du spectre de raies de leur couronne interne. Or, il résulte des travaux de Grotrian et d'Edlén que les particules coronales lourdes sont des atomes de fer, de nickel et de calcium, ayant perdu jusqu'à quinze électrons. Ces ions sont accélérés dans les champs magnétiques variables des taches mono ou bipolaires et s'échappent avec une

([1]) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 348; *Rev. Gen. El.*, **21**, 1932, p. 303, 477, 793.
([2]) *Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 217.
([3]) *Phys. Zeits.*, **34**, 1933, p. 820 et 880.
([4]) *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 213.

grande énergie, tandis que les électrons accélérés sont responsables du rayonnement solaire hertzien.

Ces phénomènes demeurent distincts et ne doivent pas être confondus avec l'émission ionique et électronique permanente solaire, responsable de la couronne externe, de la lumière zodiacale, de la luminescence aurorale et nocturne et du magnétisme terrestre.

Mais la source principale des rayons cosmiques de haut quantum doit être recherchée dans ces étoiles à spectre variable du type A sur lesquelles H. W. Babcock [5] a découvert l'existence de champs magnétiques de grande intensité, atteignant jusqu'à 8000 gauss, et changeant de polarité avec une période d'une dizaine de jours. Dans une récente communication privée, H. W. Babcock a bien voulu nous informer que cette observation était maintenant confirmée et que certaines étoiles de ce type montraient un champ apparemment constant, tandis que d'autres variaient régulièrement. Cette découverte, d'une importance capitale, ruine, tout d'abord, la théorie gyromagnétique du magnétisme des corps célestes [6] et démontre l'existence d'accélérateurs cosmiques de grande puissance pouvant, seuls, rendre compte du haut quantum des rayons cosmiques. Il est clair qu'un proton lent, ou une particule lourde coronale lente, décrira dans le plan magnétique équatorial d'une telle étoile, une trochoïde stable si le champ magnétique est constant, mais que, si celui-ci varie, l'ion sera soumis à une accélération dans le plan équatorial, due au champ électrique induit. La rigidité magnétique et le rayon de courbure de sa trajectoire augmenteront jusqu'à la limite où il échappera à l'attraction de l'étoile et deviendra un quantum de rayons cosmiques. L'échelle du phénomène rend compte de l'ordre de grandeur du quantum émis.

Le phénomène des rayons cosmiques est donc un effet statistique et il en résulte que son intensité n'est pas la même dans les diverses galaxies. Les rayons cosmiques ne sont pas fossiles, mais contemporains et l'importance cosmogonique de cette déduction n'a pas besoin d'être soulignée.

Le mécanisme de la production du champ magnétique des taches solaires et du magnétisme général stellaire demeure cependant complètement inconnu, et il semble que le problème fondamental de l'origine des rayons cosmiques doit faire place, dorénavant, au problème de l'origine du magnétisme cosmique.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs* et d'un volume émanant du Centre d'études mathématiques en vue des applications, dirigé par M. Frédéric Joliot et par lui-même : B. *Méthodes de calcul.* I. *Applications physiques de la transformation de Laplace*, par Maurice Parodi, dont M. Joseph Pérès a écrit la *Préface*.

---

(5) *Bull. Astr. Soc. Pac.*, 59, 1947, p. 260.
(6) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 839.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume de notre illustre Confrère Jean Perrin : *La Science et l'Espérance* (1). On y trouvera réunis des textes, dont certains sont inédits et dont la plupart sont dispersés et difficiles à rechercher.

Grâce à l'ordre intelligemment conçu par Francis Perrin, qui a donné tous ses soins à cette œuvre, le tout forme un ensemble harmonieux d'où se dégage admirablement la physionomie du savant et de l'homme d'action que fut Jean Perrin. Ce livre peut être vraiment regardé comme son testament scientifique, où le rôle social de la science et les espérances qu'il fait naître prennent une large place.

L'Ouvrage est précédé de deux Préfaces, où la grande figure de Jean Perrin est évoquée d'une manière magistrale par notre Secrétaire perpétuel Louis de Broglie et par M. Léon Blum qui, en confiant à notre confrère le sous-secrétariat d'État à la Recherche scientifique, lui avait permis de donner au Centre national de la Recherche une organisation définitive.

M. **René Barthélemy** présente un Ouvrage de M. P. Hémardinquer intitulé *Technique et pratique de la Télévision*, dont il a écrit une *Préface*.

M. **Emmanuel de Martonne** offre à l'Académie son Ouvrage *Géographie aérienne*.

M. **René Souèges** dépose sur le Bureau le tome XI des *Exposés d'embryologie et de morphologie végétales* publiés sous sa direction : *Embryogénie et classification*. Troisième fascicule : *Essai d'un système embryogénique* (*Partie spéciale : Première période du système*), par lui-même.

M. **Léon Binet** présente à l'Académie une Monographie écrite par M. François Bourlière et lui-même sur des *Problèmes de physiologie comparée*. On y trouve successivement les Chapitres qui suivent :

Principes et exemples de la méthode des tests biologiques; la sensibilité des Poissons aux toxiques et les effets de groupe; les métamorphoses des Batraciens et la physio-pathologie thyroïdienne; la longévité des Reptiles et le problème de la sénescence; les Oiseaux et la physiologie sexuelle; les adaptations respiratoires et circulatoires des Mammifères plongeurs.

Les Auteurs ont souhaité montrer la portée de la physiologie comparée et mettre les chercheurs sur la voie de problèmes nouveaux et d'hypothèses fructueuses.

---

(1) Nouvelle Collection scientifique.

M[lle] **Simone De Wildeman** fait hommage de deux fascicules des *Mémoires* de l'Institut Royal Colonial Belge contenant deux Mémoires de son père, **Émile De Wildeman**, en collaboration avec M. L. Pynaert : *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale*. X. *Quelques espèces des genres* Albizzia *Durazz et* Cassia *L.* et XII. *Sur des représentants des genres :* Dalbergia, Dichrostachys, Dolichos, Flemingia, Loesenera, Lonchocarpus, Mimosa, Parkia, Pentaclethra, Phaseolus, Pongamia, Psoralea, Pterocarpus, Tamarindus, *de la famille des Léguminosacées*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Charles Jacob** et **Henri Villat** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le mardi 16 novembre 1948, à la Sorbonne, pour commémorer le Centième anniversaire de la mort de Chateaubriand.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Éducation Nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Marseille.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

MM. **Emmanuel Fauré-Frémiet** et **Georges Teissier** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par l'élection de M. *Robert Courrier* aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Métral et Frédéric Zerner. L'*effet Coanda* (présenté par M. Joseph Pérès);

2° C. N. O. F. (Centre national de l'Organisation française). Revue mensuelle de l'Organisation. *Conférence internationale des problèmes sociaux de l'Organisation du Travail;*

3° Académie Serbe des Sciences. *Publications de l'Institut mathématique*. Tomes I et II.

4° L'*Observatoire astronomique de l'Université de Belgrade*.

ALGÈBRE. — *Produit tensoriel d'ensembles ordonnés.*
Note (*) de M. **Jacques Riguet**, présentée par M. Élie Cartan.

Je voudrais, à la suite d'une remarque que m'a faite M. Garett Birkhoff à propos d'une Note antérieure ([1]), montrer comment on peut généraliser le concept de produit tensoriel en abandonnant la loi distributive.

Je rappelle qu'étant donné deux relations binaires : la relation R_1 entre éléments des ensembles E_1 et F_1, la relation R_2 entre éléments des ensembles E_2 et F_2, on appelle *relation produit* de R_1 et R_2 la relation R entre éléments de $E_1 \times E_2$ et $F_1 \times F_2$ définie par

$$R\{(x_1, x_2), (y_1, y_2)\} \rightleftharpoons R_1\{x_1, y_1\} \quad \text{et} \quad R_2\{x_2, y_2\};$$

lorsque R_1 et R_2 sont des relations d'ordre sur $E_1 = F_1$ et sur $E_2 = F_2$, R est une relation d'ordre sur $E_1 \times E_2$ et si $\bigwedge_{i\in I} x_i$, $\bigwedge_{i\in I} y_i$ existent, $\bigwedge_{i\in I}(x_i, y_i)$ existe et

$$\bigwedge_{i\in I}(x_i, y_i) = \left(\bigwedge_{i\in I} x_i, \bigwedge_{i\in I} y_i\right) \quad \text{et de même pour } \bigvee.$$

Étant donné deux relations binaires : la relation R_1 entre éléments des ensembles E_1 et F_1 et la relation binaire R_2 entre éléments des ensembles E_2 et F_2, nous dirons que ces relations sont *isomorphes* s'il existe une application biunivoque σ de E_1 sur E_2 et une application biunivoque τ de F_1 sur F_2 telles que $R_2 = \tau R_1 \sigma$.

Nous dirons que R_2 est une *extension* de R_1 ou que R_1 *peut être immergée* dans R_2 lorsqu'il existe $A \subset E_2$, $B \subset F_2$, tels que la restriction de R_2 à $A \times B$ (c'est-à-dire $R_2 \cap A \times B$) est isomorphe à R_1. Un exemple d'extension est donné par le résultat de Mac Neille ([2]) généralisant la théorie des coupures de Dedekind, on a : Toute relation d'ordre Ω sur un ensemble E peut être immergée dans une relation d'ordre latticiel complet $\mathcal{I}_{\mathcal{E}}$ sur un ensemble $\mathcal{E}$: il suffit de prendre pour $\mathcal{I}_{\mathcal{E}}$ la relation d'inclusion et pour $\mathcal{E}$ l'ensemble des $\overset{-1}{\Omega}[\Omega[X]]$ lorsque X parcourt les parties de E ([2]).

Lorsque les ensembles E_1 et E_2 possèdent par rapport aux relations d'ordre Ω_1 et Ω_2 des plus petits éléments notés respectivement o_1, o_2 et lorsque l'on prend le quotient de la relation d'ordre produit par la relation d'équivalence R qui identifie les couples (x_1, x_2) tels que $x_1 = o_1$ ou $x_2 = o_2$, on dit que l'ensemble $E^\star = (E_1 \times E_2)/R$ muni de la relation d'ordre $\Omega^\star = \Omega/R$ est l'ensemble

(*) Séance du 27 octobre 1948.
([1]) *Cf.* J. Riguet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 40-41 et 143-146.
([2]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 42, 1937, p. 416.

ordonné *produit restreint* des ensembles ordonnés E_1 et E_2, Ω désignant l'ordre produit de Ω_1 et Ω_2.

Soit $\mathcal{F}$ l'ensemble des parties non vides X de E^* telles que

$$X = \overset{1}{\Omega^*}(X) \quad (^3)$$

$$(x, y_i) \in X \quad \text{quel que soit } i \in I \quad \text{et} \quad \bigvee_{i \in I} y_i \text{ existe} \rightarrow \left(x, \bigvee_{i \in I} y_i\right) \in X$$

$$(x_j, y) \in X \quad \text{quel que soit } j \in J \quad \text{et} \quad \bigvee_{j \in J} x_j \text{ existe} \rightarrow \left(\bigvee_{j \in J} x_j, y\right) \in X.$$

La relation d'ordre produit restreint Ω^* peut être immergée dans la relation d'inclusion $\mathcal{J}_{\mathcal{F}} \subset \mathcal{F} \times \mathcal{F}$. Nous appellerons ce prolongement de Ω^* l'*ordre produit tensoriel* (restreint) de Ω_1 et Ω_2.

On démontre alors que, lorsqu'on suppose que Ω_1 et Ω_2 sont des relations d'ordre latticiel complet, le quotient de Ω^* par les lois distributives redonne la définition du produit tensoriel de deux lattices complètes étendu au cas infini telle qu'elle a été énoncée dans les Notes citées en ([1]).

ALGÈBRE. — *Sur certaines applications remarquables des treillis dans eux-mêmes.* Note (*) de M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

Étant donné un treillis quelconque complet $\mathcal{L}$, on appellera *S-application croissante* une application s de $\mathcal{L}$ dans lui-même telle que :

I. Pour tout x, $x \leq s(x)$.

II. Pour tout x et y, si $x \leq y$, alors, $s(x) \leq s(y)$.

III. Pour tout x et y, $s(x)s(y) = s(xy)$; de I et III on déduit sans peine :

III'. Pour tout x et y, $s(x) + s(y) \leq s(x+y)$.

Manifestement, les itérées s^n de s sont aussi des S-applications. D'après III, si u et u' sont tels que $x \leq s(u)$ et $x \leq s(u')$, alors, $x \leq s(uu')$, donc, $\mathcal{L}$ étant complet, l'intersection $t(x)$ de tous les u tels que $x \leq s(u)$ définit une application t de $\mathcal{L}$ dans lui-même telle que, $ts(x) \leq x \leq st(x)$ et l'on montre que :

$\bar{\text{I}}$. Pour tout x, $t(x) \leq x$.

$\bar{\text{II}}$. Pour tout x et y, si $x \leq y$, alors $t(x) \leq t(y)$, car

$$x \leq xy \leq st(x)\, st(y) = s[t(x)\, t(y)],$$

donc $t(x) \leq t(x)\, t(y)$, donc $\bar{\text{II}}$.

---

(3) En posant $\Omega[X] = \bigcap_{x \in X} \Omega(x)$, $\Omega(X) = \bigcup_{x \in X} \Omega(x)$.

(*) Séance du 3 novembre 1948.

$\overline{\text{III}}$. Pour tout x et y, $t(x)+t(y)=t(x+y)$, car, d'après III',

$$x+y\leqq st(x)+st(y)\leqq s[t(x)+t(y)],$$

donc $t(x+y)\leqq t(x)+t(y)$, mais, d'après $\overline{\text{II}}$, $t(x)\leqq t(x+y)$ et $t(y)\leqq t(x+y)$, donc $\overline{\text{III}}$, t sera appelée S-*application décroissante adverse* de s et l'on montre que :

$\overline{\text{III}}'$. Pour tout x et y, $t(xy)\leqq t(x)\,t(y)$.

IV et $\overline{\text{IV}}$. Pour tout x, $s^n t^n s^n(x)=s^n(x)$, $t^n s^n t^n(x)=t^n(x)$, car $u\leqq s^n t^n(u)$ et $t^n s^n(x)\leqq x$.

Par leur composition, une S-application s de $\mathcal{L}$ et son adverse t engendrent un *monoïde associatif* $\mathcal{M}(\mathcal{S}, \mathcal{L})$ et, d'après IV et $\overline{\text{IV}}$, on montre qu'il existe une représentation de tout élément de $\mathcal{M}(\mathcal{S}, \mathcal{L})$ par $s^{\alpha_1}t^{\beta_1}s^{\alpha_2}t^{\beta_2}\ldots s^{\alpha_i}t^{\beta_i}s^{\alpha_{i+1}}\ldots s^{\alpha_j}t^{\beta_j}$, où la suite α_1, $\beta_1\,\alpha_2\ldots\alpha_i$, β_i, $\alpha_{i+1}\ldots\alpha_j\beta_j$ est *unimodale*, c'est-à-dire telle que, pour un certain i,

$$\alpha_1\leqq\beta_1\leqq\alpha_2\leqq\ldots\leqq\alpha_i\leqq\beta_i$$
$$\beta_j\leqq\alpha_j\leqq\beta_{j-1}\leqq\ldots\qquad\leqq\alpha_{i+1}.$$

A toute S-application on peut associer une *S-relation*, écrite $\prec$ et définie par : $x\prec y$ équivalent à $x\leqq y\leqq s(x)$; équivalent à $t(y)\leqq x\leqq y$.

On montre que :

5. Pour tout x, y et z, si $x\prec y$, alors : $x+z\prec y+z$ et $xz\prec yz$ car, d'après II, $s(x)\leqq s(x+y)$, donc si $x\leqq y\leqq s(x)$, alors $x+z\leqq x+y+z\leqq s(x+z)$.

Réciproquement, étant donnée une relation $\prec$ satisfaisant à :

1. Pour tout x, $x\prec x$.
2. Pour tout x et y, si $x\prec y$, alors $x\leqq y$.

31. Pour tout x, y et z si $x\leqq y\leqq z$ et $x\prec z$, alors $x\prec y$.
32. Pour tout x, y et z si $x\leqq y\leqq z$ et $y\prec z$, alors $y\prec z$.

Cette relation définit deux applications adverses l'une de l'autre et en outre :

4. Pour tout x, y et z, si $x\prec y$ et $x\prec z$, alors $x\prec y+z$.

$\overline{4}$. Pour tout x, y et z, si $y\prec x$ et $z\prec x$, alors $yz\prec x$.

Et ces applications satisfont à III et $\overline{\text{III}}$ si l'une des deux conditions 5 est satisfaite.

Pour un treillis $\mathcal{L}$, l'ensemble des S-applications (ou des S-relations), ordonné par la relation :

S $\prec$ S', équivalent à : pour tout x, $s(x)\leqq s'(x)$;

Équivalent à : pour tout x, $t'(x)\leqq t(x)$;

Équivalent à : pour tout x et y, si $xy\prec$ alors $x\prec y'$ constituent un *treillis* $\mathcal{C}(\mathcal{L})$ dont le plus petit élément S_0 est : $t_0(x)=s_0(x)=x$; $x\prec y$ équivalent à $x=y$.

Et le plus grand élément S_1 est : $s_1(x)=1$, $t_1(x)=0$; $x\prec y$ équivalent à $x\leqq y$.

On désignera par σ et τ la plus petite S-application telle que pour tout x et y : si $x<y$, alors $x<(x+z)\sigma(x)$.

Si $\mathcal{L}$ est modulaire, Σ correspond à la relation : $x < y$ équivalent : à $x | y$ est complémenté et le treillis quotient $S_0 | \Sigma$ est un treillis distributif complémenté de puissance 2^N où N est le nombre de paramètres indépendants dont on dispose pour normer $\mathcal{L}$. Si $\mathcal{L}$ est non seulement modulaire mais distributif, $\mathfrak{T}(\mathcal{L})$ est aussi distributif. Enfin, si $\mathcal{L}$ est complémenté, $\mathfrak{T}(\mathcal{L})$ est isomorphe à $\mathcal{L}$.

ALGÈBRE. — *Une méthode pour la décomposition spectrale et l'inversion des matrices.* Note de M. **Jean-Marie Souriau**, présentée par M. Jean Chazy.

Soit A une matrice carrée d'ordre n. Nous désignerons par T(A) la trace de cette matrice (c'est-à-dire la somme des éléments de la diagonale principale), et par

$$P(x) = x^n + k_1 x^{n-1} + \ldots + k_n$$

le polynome caractéristique de cette matrice.

Définissons comme suit les matrices B_i :

$$\begin{aligned} &B_0 = 1 \text{ (matrice unité d'ordre } n),\\ &B_1 = A - T(A),\\ &B_2 = AB_1 - \frac{1}{2}T(AB_1),\\ &B_3 = AB_2 - \frac{1}{3}T(AB_2),\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;\\ &B_n = AB_{n-1} - \frac{1}{n}T(AB_{n-1}). \end{aligned}$$

Nous avons démontré les résultats suivants :

1° Les quantités $-T(A), -(1/2)T(AB_1), \ldots, -(1/n)T(AB_{n-1})$ sont les coefficients $k_1, k_2, \ldots, k_n$ du polynome caractéristique. En particulier, le *déterminant* de A vaut $[(-1)^{n-1}/n]T(AB_{n-1})$.

2° La matrice B_n est nulle, la matrice $(-1)^{n-1}B_{n-1}$ est la transposée de la *matrice adjointe* de A, et, si A possède une *inverse*, on a

$$A^{-1} = -\frac{1}{k_n}B_{n-1}.$$

3° En posant

$$Q(x) = x^{n-1}B_0 + x^{n-2}B_1 + \ldots + B_{n-1},$$

on a

$$[x - A]\,Q(x) = P(x),$$
$$T\big(Q(x)\big) = P'(x),$$

et, si x_i est une racine simple de $P(x)$, la matrice $Q(x_i)$, qui n'est pas nulle, est le *covariant de Frobenius* attaché à la valeur propre x_i (c'est-à-dire le produit du mode à droite et du mode à gauche correspondants).

Par conséquent, les calculs indiqués permettent d'obtenir :

1° Les coefficients du polynome caractéristique $P(x)$;

2° La matrice adjointe et le déterminant de A;

3° Si l'on calcule numériquement les racines de $P(x)$, les covariants de Frobenius correspondants, c'est-à-dire la *représentation spectrale* de A.

Les calculs sont presque exclusivement composés de multiplications matricielles. Signalons, à titre de comparaison, que pour $n = 10$, le calcul du déterminant et de la matrice adjointe nécessite par cette méthode 8100 additions et 8010 multiplications, et que le calcul analogue par la méthode classique des mineurs nécessiterait 37 287 909 additions et 62 852 910 multiplications.

De plus, les calculs sont systématiques, donc *mécanisables*, et leur durée peut être prévue *a priori*, ce qui constitue un avantage important de cette méthode sur le procédé d'itération.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous indiquons dans cette Note quelques nouveaux résultats obtenus par une méthode déjà employée. Les notations sont les mêmes que précédemment (¹).

I. *Majoration de* $P'_n(x)$. — Soient $F(x)$ une fonction continue de période 2π et $P_n(x)$ une suite de polynomes trigonométriques convergeant uniformément vers $F(x)$ de façon que $|P_n(x) - F(x)| = O[E_n(F)]$. Si la fonction conjuguée $\dot{F}$ de F existe et est continue alors, $|P'_n(x)| = O[nE_n(F)] + O[n \max_{x,p=1,\ldots,n} |\dot{\sigma}_{n+p} - \dot{F}|]$.

On voit alors que si $\max_x |P'_n|/nE_n(F)$ n'est pas borné pour $n\infty$, $\varliminf_{n\infty}\left(E_n(F)/\max_x|\dot{\sigma}_n - \dot{F}|\right) = 0$ et si $|P'_n| = O(n^{1-\alpha})$, où $0 < \alpha < 1$, F satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre α.

II. *Série de Fourier et série conjuguée.* — *a.* On peut par cette méthode prouver que si quels que soient x et x', $|F(x) - F(x')| < A|x - x'|$, $|\dot{\sigma}_n - \dot{F}| = O(1/n)$ (²), mais que de plus si $F'(x)$ existe et est continue $\dot{\sigma}_n(x) - \dot{F}(x) = F'(x)/n + o(1/n)$.

b. $S_n(x)$ *désignant la* $n^{\text{ième}}$ *somme de Fourier de* $F(x)$ *continue, si* $S'_n(x)/n$ *tend vers zéro avec* $1/n$ *(en particulier si la série de Fourier converge uniformément), la condition nécessaire et suffisante pour qu'au point* x *la série conjuguée converge est que* $\int_\varepsilon^{\frac{\pi}{2}} [F(x+2t) - F(x-2t)] \operatorname{cotg} t \, dt$ *ait une limite pour* $\varepsilon = 0$ *et la*

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1066; **227**, 1948, p. 463.

(²) Zygmund, *Bulletin of American Mathematical Society*, 1946.

série conjuguée a alors pour somme $\lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{\pi} \int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [F(x+2t) - F(x-2t)] \operatorname{cotg} t \, dt.$

Ce résultat généralise pour les fonctions continues un théorème de Young [3].

III. *Meilleure approximation trigonométrique et classes de saturation pour certains procédés d'approximation.*

a. La démonstration d'un théorème précédent permet de prouver de façon générale et simple que le procédé de Fejer et ceux considérés ci-dessous comportent une classe de saturation.

Le résultat général est le suivant :

Si $|P_n - F| = O[n E_n(F)]$ et si $|P_n^{(2p)}(x)| = O[n^{2p} E_n]$,

$$\int_0^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^q} \sin^{2r} nt \, dt = \frac{C_{2r}^r}{2^{2r}} \int_{\frac{\pi}{2n}}^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^q} dt + O(n^{q-1} E_n),$$

où p, q, r sont des entiers > 0 avec $2r \geqq q$, et $\Delta_{2p}(t)$ une différence $2p^e$ de $F(x)$ qu'on peut définir par itération à partir de

$$\Delta_2(t) = \Delta_2(x, t) = F(x+2t) + F(x-2t) - 2F(x),$$

$$\Delta_4(t) = \Delta_2(t) - 2^2 \Delta_2\left(\frac{t}{2}\right), \quad \ldots, \quad \Delta_{2p}(t) = \Delta_{2p-2}(t) - 2^{2p-2} \Delta_{2p-2}\left(\frac{t}{2}\right).$$

Si dans les hypothèses on remplace O par o, on peut remplacer dans la conclusion O par o.

On en déduit le résultat suivant :

λ_p *étant une constante convenable,* $\frac{\lambda_p}{n^{2p-1}} \int_0^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^{2p}} \sin^{2p} nt \, dt$ *représente la différence entre une somme trigonométrique d'ordre* $2pn$ *et* $F(x)$. *Ce procédé d'approximation comporte une classe de saturation, avec l'approximation de saturation* $1/n^{2p-1}$, *et celle-ci est obtenue lorsque* $\int_{\varepsilon}^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^{2p}} dt$ *est uniformément bornée en* x *et* ε.

Nous prouvons que si $E_n(F) = O(1/n^{p-1})$, $|\Delta_p(\varepsilon)/\varepsilon^{p-1}|$ est uniformément borné en x et ε, $\Delta_p(\varepsilon) = \Delta_p(x, \varepsilon)$ étant une différence p^e de $F(x)$; que la condition nécessaire et suffisante pour que $E_n(F) = O(1/n^{2p-1})$ est que l'une des quantités suivantes soit uniformément bornée en x et ε :

$$\frac{\Delta_{2p}(\varepsilon)}{\varepsilon^{2p-1}}, \quad \varepsilon^m \int_{\varepsilon}^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^{2p+m}} dt \quad (m = 4, 5, \ldots).$$

On a des résultats analogues pour les ordres pairs.

c. Procédé d'approximation de Jackson. — L'étude de l'approximation par le procédé de Jackson d'une fonction continue $F(x)$ périodique telle que

---

(3) ZYGMUND, *Séries trigonométriques.*

$E_n(F) = O(1/n^2)$ repose sur le lemme suivant dont les généralisations n'offrent pas de difficultés :

σ_n étant la $n^{\text{ième}}$ somme de Fejer de $F(x)$, *le procédé d'approximation défini par* $(\sigma_1 + 2\sigma_2 + \ldots + n\sigma'_n)/(1 + 2 + \ldots + n)$ (*sommation de Cesaro d'ordre* 2) *possède la même classe de saturation que le procédé de Fejer.*

On en conclut que le procédé de Jackson comporte une classe de saturation et que *la condition nécessaire et suffisante pour que les sommes de Jackson approchent* $F(x)$ *à* $O(1/n^2)$ *près, est que* $F(x)$ *possède une dérivée continue* $F'(x)$ *dont la fonction conjuguée* $F'^{\cdot}$ *est approchée à* $O(1/n)$ *près par ses sommes de Fejer.*

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur les trajectoires des problèmes variationnels.* Note (*) de M. **Franco de Franchis**, présentée par M. Jean Chazy.

Considérons la condition variationnelle

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L(x, \dot{x})\, dt = 0,$$

où $L(x, \dot{x})$ est une fonction homogène de n variables x_ρ et des n dérivées $\dot{x}_\rho = (dx_\rho/dt)$ par rapport à la variable indépendante t, que nous appellerons le temps, possédant des dérivées secondes continues dans une région où varient les x_ρ et les $\dot{x}_\rho$. Dans l'espace à n dimensions où nous représentons les variables x_ρ, les trajectoires du problème variationnel correspondant sont, on le sait, définies par une condition de la forme

$$(1) \qquad \delta \int L'(x, dx, E) = 0,$$

où la fonction $L'(x, dx, E)$, qui dépend d'un paramètre E, est déterminée univoquement par la fonction $L(x, \dot{x})$, après élimination du temps, au moyen de l'intégrale des forces vives généralisée, de l'expression $\Sigma(\partial L/\partial \dot{x}_\rho)\dot{x}_\rho$. M. Gugino a montré que la fonction $L'(x, dx, E)$ est homogène du premier degré par rapport aux n différentielles dx_ρ ([1]).

Réciproquement, supposons données, sous la forme variationnelle (1), ∞^{2n-1} trajectoires, c'est-à-dire supposons connue la fonction $L'(x, dx, E)$ des variables x_ρ, des différentielles dx_ρ et d'un paramètre arbitraire E. Si nous introduisons une variable auxiliaire t, que nous considérons comme le temps, nous pouvons définir sur une trajectoire quelconque du faisceau correspondant à une valeur donnée du paramètre E, une loi de mouvement, en associant à la condition (1) une relation de la forme

$$(2) \qquad G(x, \dot{x}, E) = 0,$$

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Rendiconti della Accademia dei Lincei;* Rome, **24**, série 6^a, 1936, p. 124-130.

où $G(x, \dot{x}, E)$ est une fonction quelconque des variables x_ρ et des dérivées $\dot{x}_\rho$, contenant effectivement la différentielle dt. Cette condition satisfaite, l'équation (2) donne univoquement la relation

$$dt = \tau(x, dx, E), \tag{3}$$

et, par conséquent, une fois effectuée l'intégration du système différentiel équivalent à la condition (1), la loi du mouvement sur une trajectoire est déterminée par une quadrature.

M. Gugino a montré aussi [2] que, si la fonction $L'(x, dx, E)$, homogène du premier degré par rapport aux dx_ρ, possède une dérivée seconde par rapport au paramètre E non identiquement nulle, il suffit d'associer à la condition (1) les relations

$$dt = \frac{\partial L'(x, dx, E)}{\partial E} \quad \text{ou} \quad 1 = \frac{\partial L'(x, \dot{x}, E)}{\partial E}, \tag{4}$$

pour entraîner une condition de la forme

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} L(x, \dot{x})\, dt = 0, \tag{5}$$

où $L(x, \dot{x})$ est déterminé par la fonction $L'(x, dx, E)$.

Nous allons montrer que, si l'on associe à la condition (1) une relation (3) autre que la relation (4), le système obtenu ne peut pas équivaloir à la condition (5), où la condition (1) caractérise les trajectoires du faisceau correspondant à une valeur donnée de la constante E. En effet, associons à la condition (1) une relation (2), où $G(x, \dot{x}, E)$ est arbitraire, sans être fonction homogène de degré zéro par rapport aux $\dot{x}_\rho$. Pourvu que, d'autre part, la fonction $G(x, \dot{x}, E)$ dépende du paramètre E, soit $(\partial G/\partial E) \neq 0$, la relation (2) définit E en fonction des variables x_ρ, $\dot{x}_\rho$

$$E = H^\star(x, \dot{x}) \quad \text{avec} \quad \sum \frac{\partial H^\star}{\partial \dot{x}_\rho} \dot{x}_\rho \neq 0, \tag{6}$$

car $H^\star(x, \dot{x})$ n'est pas fonction homogène de degré zéro des variables $\dot{x}_\rho$.

Pour que la condition (1), associée à la relation (2), soit équivalente à la condition (5), l'expression (6) doit s'identifier avec l'intégrale des forces vives généralisée, et l'expression $\Sigma(\partial L/\partial \dot{x}_\rho)\, dx_\rho$ doit s'identifier avec la fonction $L'(x, dx, E)$, après élimination de la différentielle dt au moyen de l'équation (6) elle-même, soit

$$\sum \frac{\partial L}{\partial \dot{x}_\rho} \dot{x}_\rho = L'(x, \dot{x}, E). \tag{7}$$

La fonction lagrangienne $L(x, \dot{x})$ est donc nécessairement définie par la

---

(2) *Id.*, p. 431-439.

relation

$$L(x, \dot{x}) = L'(x, \dot{x}, H^\star) - H^\star(x, \dot{x}).$$

En substituant à $L(x, \dot{x})$ dans l'équation (7) le second membre de la dernière relation, pour que celle-ci, compte tenu de l'équation (6), soit une identité, on doit nécessairement avoir les relations (4).

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sommation pratique de séries lentement convergentes. Application aux séries de Fourier, telles qu'on les rencontre dans les problèmes de thermocinétique.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué, dans une Note précédente ([1]), en vue de la solution d'un problème de thermocinétique, que l'on pouvait toujours sommer en termes finis, en un point quelconque extérieur à l'intervalle où on l'a formée, une série de Fourier, même provenant d'un problème thermocinétique très compliqué. Mais ce résultat, de grande portée théorique, est souvent peu utilisable, les calculs, quoique élémentaires, étant trop laborieux.

En fait, le procédé de calcul le plus pratique de la somme d'une série de Fourier, est la sommation directe, malgré la lenteur et l'allure complexe de la convergence.

Tout d'abord, on n'a aucune difficulté à connaître un nombre assez notable de termes, les racines de l'équation transcendante d'où ils proviennent se simplifiant considérablement quand leur rang augmente, d'où il suit que les termes (on a pris pour exemple les séries trigonométriques) deviennent très voisins du type $A_n \cos n\pi x$ ou $B_n \sin n\pi x$. De sorte que, ayant mis à part les premiers termes dont l'allure peut être très spéciale, nous trouverons des termes qui, suivant le quadrant du cercle trigonométrique où tombera l'argument, seraient de signes variés, mais s'il n'y a ni signe constant, ni alternance de signe, on aura plusieurs termes positifs, puis plusieurs termes négatifs, en des groupes se reproduisant périodiquement. En réunissant en un seul les termes de chacun de ces groupes, on aura donc une série alternée, forcément convergente, et dont l'allure sera d'autant plus régulière qu'on l'aura commencée à partir d'un terme de rang plus élevé. Pour les grandes valeurs de l'abscisse, cette organisation régulière de la série serait un peu plus longue à apparaître; si on l'avait cru trop tôt installée, l'erreur ne serait pas grave, comme ne portant que sur des termes déjà bien petits.

Finalement, nous avons à sommer, soit une série à termes positifs, dont la décroissance ne dépasse pas, en général, celle de n^{-2}, soit une série à termes alternés dont la décroissance est, en général, de l'ordre de n^{-1}.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 966.

En supposant qu'à partir du rang N, celui à partir duquel, dans la série donnée, on applique la stylisation, l'allure de la série à termes positifs est représentable par un terme en $n^{-1}(n+1)^{-1}$, un terme en $(n+1)^{-1}(n+2)^{-1}$, et un terme en $(n+2)^{-1}(n+3)^{-1}$, on obtient la formule de sommation approchée, amélioration de celle que nous avons antérieurement indiquée [2] :

$$S = u_1 + u_2 + \ldots + u_{N-1} + \frac{N+3}{6}[(N^2+2)u_N - (N+4)(2N+1)u_{N+1} + (N+3)(N+4)u_{N+2}].$$

Si la série est alternée, on accélère sa convergence en lui appliquant la transformation d'Euler, qui remplace la série donnée par une série à termes positifs dont les termes successifs sont les différences successives, en valeur absolue, des valeurs absolues des termes donnés, divisées par 2, 4, 8, 16.... La série transformée tend à être une progression de raison 0,5; on en a une valeur approchée en la stylisant, à partir des deux avant-derniers termes possédés, sous la forme

$$[\alpha + \beta:(N+1)] : 2^{N+1} + [\alpha + \beta:(N+2)] : 2^{N+2} + \ldots.$$

Les termes en α donnent le reste d'une progression de raison 0,5, et les termes en β, le reste du développement de $\log_e 2$, sous la forme $\log_e 1 : (1 - 0,5)$. On trouve, pour la partie stylisée de la série, la valeur

$$\frac{\alpha}{2^N} + \beta\left[\log_e 2 - \left(\frac{1}{1}\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{1}{2^2} + \frac{1}{3}\frac{1}{2^3} + \ldots + \frac{1}{N}\frac{1}{2^N}\right)\right],$$

N est, en principe, le rang naturel du dernier terme non stylisé. Si les valeurs α et β qui en résultaient n'étaient pas toutes deux positives, il serait préférable de donner à N la valeur rendant α et β positifs, la plus voisine de sa valeur naturelle.

Nous avons appliqué ces méthodes au calcul, dans l'intervalle $(-2l, +4l)$ de la série de Fourier $[\Sigma 2/(u^2+2)\cos u]\cos[u(x/l) - u]$, les u étant définis par $u \operatorname{tg} u = 1$. Cela correspond au refroidissement d'un mur d'épaisseur l, isolé par sa face $x = l$, et en contact avec l'air ambiant par sa face $x = 0$, la température initiale étant 1. Dans l'intervalle indiqué nous possédions, par ailleurs (ce qui permettait la vérification), la somme de la série en termes finis. Nous avons constaté, pour le calcul de sommation directe, une exactitude à quelques dix-millièmes près, et parfois bien meilleure encore. On trouvera le détail des calculs dans un autre recueil [3].

---

(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 67.

(3) P. VERNOTTE, *Thermocinétique* (*Publications scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, série grise, fascicule 225.)

MÉCANIQUE. — *Le principe de moindre contrainte de Gauss appliqué à la Dynamique des corps solides à liaisons non holonomes.* Note (*) de MM. **Théophile de Donder** et **Paul Melchior**, transmise par M. Émile Henriot.

Pour plus de clarté, nous nous bornerons ici au problème du cerceau ([1]). On sait que *le principe de moindre contrainte de Gauss* ([2]) revient à exprimer que la fonction

$$(1)\qquad R \equiv \frac{1}{2}\sum m \sum_a \sum_b g_{ab}\left(\frac{X^a}{m} - \ddot{x}^a\right)\left(\frac{X^b}{m} - \ddot{x}^b\right) \qquad (a, b = 1, 2, 3)$$

doit être *minimum*. On a désigné par x^a les coordonnées d'un point du cerceau par rapport à un trièdre inertial fixe; les $\ddot{x}^a$ sont les accélérations de ce point par rapport à ce même trièdre; les X^a/m sont les accélérations dues aux forces appliquées au cerceau.

Les $g_{ab} \equiv g_{ba}$ sont les constantes qui figurent dans le $(ds)^2$ de la géométrie euclidienne.

Le trièdre *attaché* au cerceau est désigné par $(G; \xi^a)$, où G représente le centre de gravité de ce solide. On aura ([3])

$$(2)\qquad \ddot{x}^a = \sum_c \ddot{h}^a_{.c}\xi^c + \ddot{x}^a_G.$$

La fonction R *de Gauss* s'écrit donc

$$(3)\qquad R \equiv \frac{1}{2}\sum m \sum_a \sum_b g_{ab}\left(\frac{\partial V}{\partial x^a} + \ddot{h}^a_{.c}\xi^c + \ddot{x}^a_G\right)\left(\frac{\partial V}{\partial x_b} + \ddot{h}^b_{.d}\xi^d + \ddot{x}^b_G\right).$$

Le corps *solide* est soumis aux *six liaisons holonomes géométriques*

$$(4)\qquad \sum_a \sum_b g_{ab} h^a_{.r} h^b_{.s} - g_{rs} = 0.$$

La fonction R dépend des variables $\ddot{x}_G$ et $\ddot{h}^a_{.b}$; celles-ci sont soumises, à cause de (4), aux liaisons

$$(5)\qquad \sum\sum g_{ab}(\ddot{h}^a_{.r} h^b_{.s} + 2\dot{h}^a_{.r}\dot{h}^b_{.s} + h^a_{.r}\ddot{h}^b_{.s}) = 0.$$

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Voir* par exemple, P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, II, 1904, p. 382.

([2]) *Voir* p. 463 à 470 (*loc. cit*).

([3]) Th. de Donder, *Bull. de l'Acad. royale de Belgique*. Cl. Sciences, séance du 3 janvier 1942.

Le cerceau étant supposé *rouler* (sans frottement et sans glissement) sur un plan horizontal, on devra satisfaire aux liaisons *non* holonomes

$$(6)\qquad \dot{x}^a_{(P)} \quad \text{ou} \quad \sum_c \dot{h}^a_{.c}\xi^c_{(P)} + \dot{x}^a_G = 0,$$

où P désigne le point de contact du cerceau avec le susdit plan, à l'instant t_P. Les variables $\ddot{x}^a_G$ et $\ddot{h}^a_{.b}$ seront liées par les conditions

$$(7)\qquad \sum_c \ddot{h}^a_{.c}\xi^c_{(P)} + \ddot{x}^a_G = 0.$$

Le principe de Gauss fournit, grâce aux multiplicateurs λ^{rs} et τ_a, *les équations du mouvement du cerceau :*

$$(8)\qquad \frac{\partial\left[R + \sum_a \tau_a\left(\sum_c \ddot{h}^a_{.c}\xi^c_{(P)} + \ddot{x}^a_G\right)\right]}{\partial \ddot{x}^i_G} = 0,$$

$$(9)\qquad \frac{\partial\left[R + \sum_r\sum_s \lambda^{rs}\sum_a\sum_b g_{ab}(\ddot{h}^a_{.r}h^b_{.s} + 2\dot{h}^a_{.r}\dot{h}^b_{.s} + h^a_{.r}\ddot{h}^b_{.s}) + \sum_a \tau_a\left(\sum_c \ddot{h}^a_{.c}\xi^c_{(P)} + \ddot{x}^a_G\right)\right]}{\partial \ddot{h}^m_{.n}} = 0,$$

auxquelles on joindra les liaisons (4) et (7).

Le but de cette Note consiste aussi à montrer que le *Principe de Gauss* peut s'identifier au *Principe de moindre action de Lagrange*. En effet, les équations (8) et (9) ne sont autres que les équations

$$(8')\qquad \frac{\delta \mathfrak{L}}{\delta x^i_q} = 0,$$

$$(9')\qquad \frac{\delta \mathfrak{L}}{\delta h^m_{.n}} = 0,$$

si l'on prend pour *la fonction de Lagrange* $\mathfrak{L}$ l'expression ([4])

$$\mathfrak{L} = (E_{cin} - E_{pot}) + \sum_r\sum_s \lambda^{rs}\sum_a\sum_b (g_{ab}h^a_{.r}h^b_{.s} - g_{rs}) + \sum_a \sigma_a\left(\sum_c \dot{h}^a_{.c}\xi^c_{(P)} + \dot{x}^a_G\right),$$

où

$$E_{cin} = \frac{1}{2}\sum m \sum_a\sum_b g_{ab}\dot{x}^a\dot{x}^b, \qquad E_{pot} = \sum m V(t, x^a).$$

([4]) P. Melchior, *Bull. de l'Acad. royale de Belgique*, Classe des Sciences, séances du 4 mai 1948 et du 16 octobre 1948; Th. de Donder, *id.*, séance du 16 octobre 1948; P. Melchior, *id.*, séance du 16 octobre 1948.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination expérimentale de la perte spécifique d'énergie des corps solides par la méthode des pendules couplés.* Note (*) de M. **André Kovacs**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans une Note récente ([1]), M. Le Rolland a montré que la perte spécifique d'énergie par cycle de déformation : $k = \Delta W/W$ peut être déterminée par la méthode des pendules couplés ([2]) en faisant trois observations successives. Par les deux premières, on détermine les décréments logarithmiques δ_0 et δ des oscillations lorsque les pendules, reliés élastiquement par l'éprouvette à étudier, sont lancés respectivement, en opposition ($\varphi = \pi$) et en phase ($\varphi = 0$) sous la même amplitude. La troisième observation est celle du nombre N d'oscillations entre deux minima successifs des battements qui se produisent lorsque les pendules sont lancés en quadrature ($\varphi = \pi/2$). La perte spécifique s'obtient alors par la relation simple

$$k = (\delta - \delta_0)N. \tag{1}$$

Par la présente Note, nous indiquons une variante de cette méthode telle qu'une seule expérience nous fournira les trois valeurs qui figurent dans l'expression (1).

Le système mécanique ci-dessus défini, possède trois degrés de liberté. Celui qui correspond aux vibrations propres de l'éprouvette (pour une amplitude nulle des pendules) n'intervient pas; on peut d'ailleurs supprimer complètement ces vibrations rapides, en lançant convenablement les pendules. Aux deux autres degrés de liberté correspondent deux modes principaux d'oscillation des pendules de périodes voisines, qui sont justement celles définies ci-dessus et servent à la détermination de δ_0 et de δ. Dans le cas général, le calcul, vérifié par l'expérience, montre que le mouvement de chaque pendule résulte de la superposition de ces deux mouvements principaux et consiste en des battements de période $\tau = 2\pi/(\omega_0 - \omega_\pi)$, ω_0 et ω_π étant les deux pulsations principales.

Les deux mouvements composants étant caractérisés par les décréments δ_0, et δ, il est clair que pour les déterminer à l'aide de l'observation du mouvement résultant, il suffit de choisir de façon convenable les grandeurs à mesurer.

Dans le cas où l'on suppose un amortissement de caractère visqueux, un calcul simple montre, que la somme $(\theta_1 + \theta_2)$ et la différence $(\theta_1 - \theta_2)$ des élongations des pendules, sont respectivement des fonctions pseudo-périodiques de pulsation ω_0 et ω_π et de décrément δ et δ_0. On en déduit aisément les rela-

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 37.

([2]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 336.

tions suivantes donnant δ_0 et δ en fonction des maxima M et minima m d'amplitudes des battements successifs (du même côté de la position d'équilibre d'un pendule);

1° si $0 < \varphi < (\pi/2)$:

$$\log\frac{(M+m)_0}{(M+m)_N} = \log\frac{(M+m)_N}{(M+m)_{2N}} = \ldots = N\delta_0, \tag{2}$$

$$\log\frac{(M-m)_0}{(M-m)_N} = \log\frac{(M-m)_N}{(M-m)_{2N}} = \ldots = N\delta; \tag{3}$$

2° si $(\pi/2) < \varphi < \pi$: mêmes formules avec changement de tous les signes.

Ainsi, pratiquement, la connaissance des maxima et des minima d'amplitude des battements conduit à la valeur de k suivant l'expression (1), les pendules étant lancés d'une façon quelconque.

L'observation simultanée d'un maximum d'amplitude d'un des pendules et du minimum de l'autre est peu commode, mais il est évidemment possible d'établir cette correspondance pour le même instant par interpolation, en observant un seul pendule.

Cette méthode a l'avantage, en dehors de sa simplicité, de procéder par une expérience unique, ce qui permet d'éliminer toute variation accidentelle de l'amortissement propre des pendules (δ_0) et par conséquent d'augmenter la précision des mesures.

La technique qui vient d'être exposée nous a permis en particulier de faire une étude sur la variation de k avec la température pour un certain nombre de hauts polymères.

ASTROPHYSIQUE. — *Nouvelles solutions variationnelles du problème de Milne.* Note (*) de MM. **Vladimir Kourganoff** et **Raymond Michard**, présentée par M. André Danjon.

Poursuivant l'étude ([1]) des solutions approchées du problème de Milne (cas gris) généralisables au cas monochromatique, nous nous proposons de montrer ici qu'il est possible de le résoudre par la méthode variationnelle, en utilisant la deuxième équation intégrale (celle du flux), et, pour la fonction source, le développement

$$B(\tau) = (3/4)F[\tau + Q + A_2K_2(\tau) + A_3K_3(\tau) + \ldots + A_nK_n(\tau)], \tag{1}$$

qui est une extension de la forme à trois termes utilisée par Le Caine ([2]).

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 895, désignée par V ci-dessous; *Ibid.*, 227, 1948, p. 958, désignée par VI; *Contrib.* I. A. P., A 31 et 32.

([2]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 564. Le Caine s'est inspiré de la forme obtenue par Milne en itérant la solution linéaire.

L'utilité du développement (1) dans le cas monochromatique est également conditionnée par la rapidité de sa convergence, que nous étudierons en considérant les résidus laissés par des développements limités successivement à 2, 3 et 4 termes, et les résidus de l'assombrissement correspondant. Celui-ci se calcule au moyen des intégrales I_{psn} ([3]).

Nous déterminons les coefficients Q, A_2, A_3, ..., conformément à l'esprit de *la méthode variationnelle* exposée dans la Note III ([3]), mais sans entrer dans des complications analytiques superflues, et sans donner trop de poids aux grandes profondeurs optiques ([4]).

Pour cela nous rendons minimum la somme, et non l'intégrale, des carrés des écarts entre le flux théorique $\mathcal{F}(\tau)$ et la constante de flux F, pour les 16 valeurs τ_i de τ, des tables de la Note VI.

Cela équivaut à traiter par la méthode des moindres carrés le système d'équations ($i=1, 2, 3, \ldots, 16$) :

$$\mathcal{F}(\tau_i)=(3/4)F[\varphi_1(\tau_i)+Q\varphi_0(\tau_i)+A_2\varphi_2(\tau_i)+\ldots+A_n\varphi_n(\tau_i)]=F, \tag{2}$$

en désignant respectivement par φ_0, φ_1, φ_2, ..., φ_n les transformées par l'opérateur Φ de 1, τ, K_2, ..., K_n ([5]).

On obtient ainsi les solutions :

$$(V_2)\quad B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,715005-0,113074\,K_2(\tau)],$$

$$(V_3)\quad B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,710381-0,238877\,K_2(\tau)+0,216489\,K_3(\tau)],$$

$$(V_4)\quad B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,710489-0,259739\,K_2(\tau)+0,323258\,K_3(\tau)-0,102582\,K_4(\tau)],$$

qui, avec les solutions de Chandrasekhar ($ChII_4$) ([6]), Le Caine (LeC) ([2]), Unsöld (U) ([6]) sont comparées à la solution exacte de Mark ([6]) (*Cf.* Note V) dans le tableau ci-dessous.

On constate en examinant successivement les résidus de nos trois solutions, V_2, V_3, V_4, la bonne convergence de la méthode. La solution à deux constantes (V_2) est déjà remarquablement précise; celle à trois constantes (V_3) est très supérieure à celles d'Unsöld (U) et de Chandrasekhar ($ChII_4$) et, comparable à celle de Le Caine (LeC); enfin celle à quatre constantes (V_4) est plus exacte que toutes les solutions publiées à ce jour. Les mêmes remarques s'appliquent aux assombrissements (voir les quatre dernières colonnes du tableau).

On simplifie encore le calcul de Q, A_2, ..., en limitant le nombre d'équations (2) utilisées au nombre de coefficients à déterminer (*méthode des n points*).

([3]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 491. Pour les I_{psn} voir *Ibid.*, **225**, 1947, p. 430.

([4]) Conformément à une suggestion de J. C. Pecker, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1889-1891; *Contrib. I. A. P.*, A 19.

([5]) $\varphi_0=2K_3$; $\varphi_1=4/3-2K_4$; φ_2, φ_3, ..., φ_n sont donnés dans la Note VI.

([6]) *Ap. J.*, **100**, 1944, p. 76, form. (54); *Z. f. Ap.*, **24**, 1948, p. 370, form. (35); *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 558 : solution q_c du tableau ci-dessous.

Les solutions ainsi obtenues

$$(N_2)\qquad B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,717802-0,124983\,K_2(\tau)];\qquad \tau_i=0;\,0,3.$$

$$(N_3)\qquad B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,710315-0,239351\,K_2(\tau)+0,217118\,K_3(\tau)];\quad \tau_i=0;\,0,3;\,1.$$

$$(N_4)\quad \left\{ \begin{array}{l} B(\tau)=(3/4)F[\tau+0,710582-0,268004\,K_2+0,369043\,K_3-0,148342\,K_4]; \\ \qquad\qquad \tau_i=0;\,0,05;\,0,3;\,1. \end{array} \right.$$

sont, numériquement, aussi satisfaisantes que les précédentes. Logiquement, elles le sont moins, à cause de l'arbitraire du choix des τ_i. Les grands résidus obtenus par Unsöld avec la *méthode des trois points* sont dus à l'usage du développement exponentiel, très inférieur au développement (1).

Erreurs relatives sur B(τ), $q(\infty)$ *et* I(0, cosθ) *en centièmes de* %.

τ.	$10^4 q_e$.	V_4.	V_3.	V_2.	N_4.	N_3.	N_2.	Ch II_4.	Le C.	U.
0,00......	5773	15	42	420	5	37	268	0	29	−109
0,01......	5882	7	24	325	2	20	181	−109	15	−109
0,02......	5954	3	15	266	− 1	12	134	−155	8	−112
0,10......	6279	0	− 1	74	0	− 3	− 6	−193	− 1	−109
1,00......	6985	0	+ 1	− 2	0	0	+ 4	− 18	+ 2	− 68
3,00......	7098	0	0	+ 11	0	0	18	− 9	0	− 59
Err. r. sur q_∞...		0	− 1	+ 65	+ 2	− 2	104	− 49	0	−315

cosθ.	V_4.	N_4.	Ch II_4.	Le C.
0,00	15	5	0	29
0,10	1	0	−152	3
0,20	1	0	−119	2
0,40	0	0	− 76	2
0,60	0	0	− 55	2
0,80	0	0	− 42	1
1,00	0	0	− 34	1

Nos travaux sur l'équilibre radiatif ont montré la possibilité de résoudre le problème général des atmosphères en traitant variationnellement l'équation intégrale du flux. Les fonctions $K_n(\tau)$ étaient tout indiquées pour le développement de la fonction source, mais leur usage dans l'équation du flux se heurtait à des difficultés mathématiques que cette Note permet de considérer comme vaincues. La méthode est donc désormais au point pour l'application aux modèles d'atmosphères réelles.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux spectres de molécules de Van der Waals observés dans l'hélium comprimé.* Note (*) de MM. **Charles Weniger** et **Louis Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que les gaz rares, excités par une décharge électrique, émettent, en plus de leur spectre de raies, des spectres continus. Diverses hypothèses ont été avancées pour essayer d'expliquer le mécanisme de ces émissions : freinage des électrons dans le champ des ions simples ou complexes (W. Finkelnburg, 1931; J. Romand et B. Vodar, 1947; Herman, 1948), émission de molécules de Van der Waals formées d'un atome excité et d'un atome normal (B. Vogel, 1942; R. Herman, 1945). Toutefois, on n'a pu apporter, jusqu'ici,

(*) Séance du 27 octobre 1948.

aucun argument décisif en faveur de l'une ou de l'autre de ces interprétations. En particulier, on n'a observé dans les spectres continus aucune bande susceptible d'être rattachée directement à une transition atomique comme dans le cas de Na_2 ou Hg_2, par exemple. Les études déjà faites sur le spectre continu de l'argon montrent d'ailleurs que la répartition d'intensité varie avec les conditions expérimentales, probablement en raison d'une superposition de spectres d'origine différente.

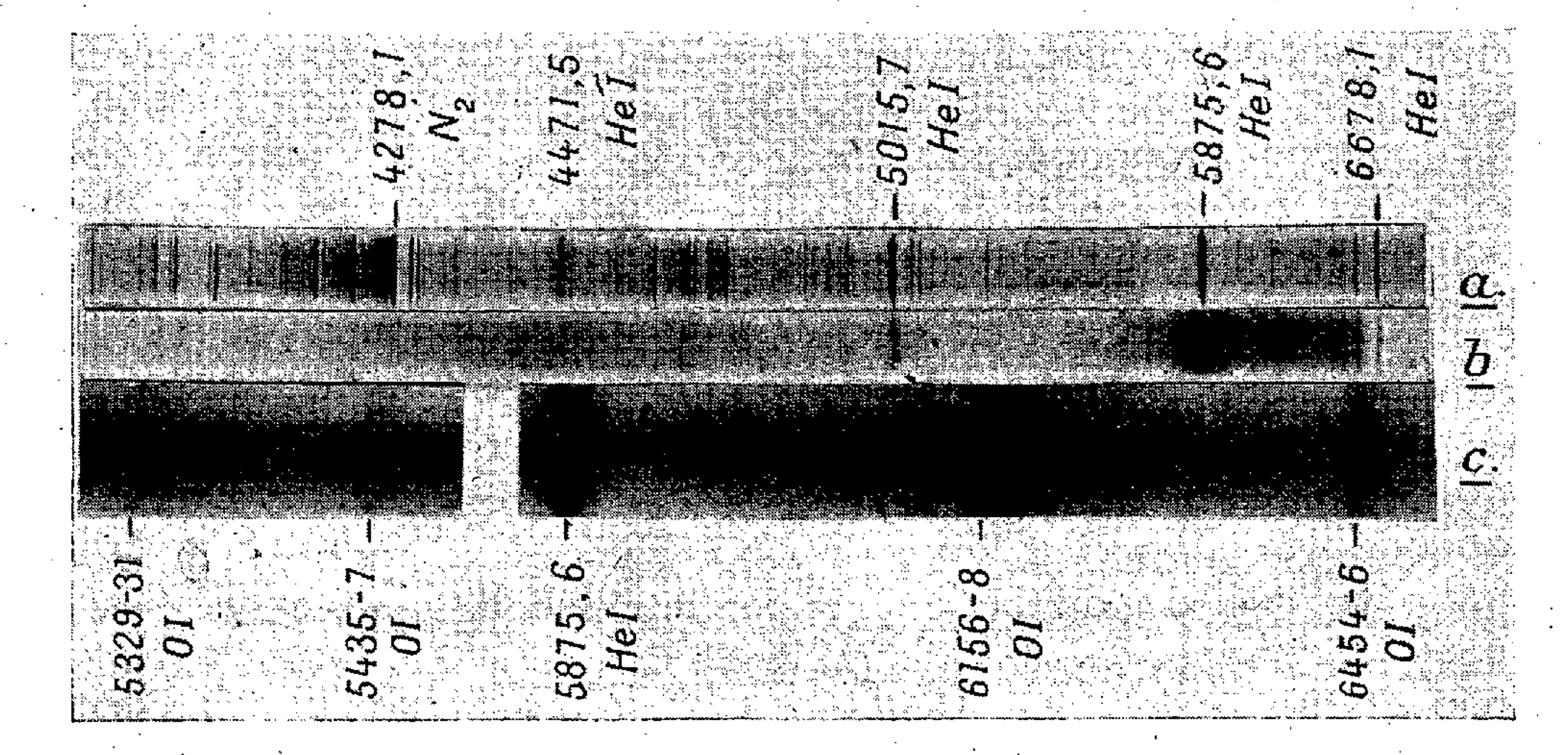
Le moyen le plus efficace pour favoriser la formation de molécules instables est d'augmenter la pression du gaz. C'est dans ce sens qu'une recherche systématique de spectres d'émission de molécules de Van der Waals des gaz rares a été entreprise au Laboratoire de l'Électroaimant de Bellevue. L'objet de la présente Note est de signaler les premiers résultats obtenus dans le visible pour l'hélium comprimé jusqu'à 90 kg/cm². Le dispositif expérimental utilisé sera décrit prochainement.

Pour bien mettre en évidence les importantes modifications observées sous pression très élevée, rappelons les caractéristiques spectrales connues pour les pressions faibles, de l'ordre de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres de mercure. Dans ce cas, on trouve un développement important de tout le spectre de HeI, surtout en phosphorescence lorsque l'émission provient de la recombinaison des ions avec les électrons. L'autoabsorption, plus grande pour les premières raies de la série, a un effet analogue. Enfin, quand la densité de courant augmente, on constate, surtout en décharge condensée, un élargissement considérable des raies par effet Stark.

A pression élevée, lorsqu'on dépasse 25 kg par centimètre carré, l'effet de la densité de courant est extrêmement important mais en *sens inverse de celui observé sous faible pression!* Sous forte densité de courant, on obtient un spectre illustré par la reproduction *a* de la figure : le spectre de HeI est bien développé, les raies de OI et les bandes du premier système négatif et du second système positif de l'azote sont intenses. On ne trouve pas d'élargissement important des raies avec la faible dispersion employée (18 Å par millimètre vers 5000 Å). Le spectre obtenu sous faible densité de courant est illustré par la reproduction *b* de la figure : l'intensité des bandes de l'azote diminue et les raies les plus fortes de OI sont élargies et ont l'aspect de bandes dégradées vers le rouge (spectre *c*). Les raies 5015,7; 4471,5; 3888,6 Å de HeI ont disparu et sont remplacées par des bandes floues plus ou moins larges et dégradées; cet élargissement est particulièrement important pour 4471,5 Å. Pour les densités de courant encore plus faibles, le spectre des impuretés disparaît pratiquement et il ne reste que des bandes floues à la place de toutes les raies sauf pour 6678,1; Hα et 5875,6 Å. A ces fluctuations se superpose un fond continu dont l'intensité relative augmente avec la pression.

Discussion. — Les bandes de OI, dégradées vers le rouge à partir des raies atomiques, correspondent à des molécules instables du type de Van der Waals

formées d'un atome excité d'oxygène et d'un atome normal ou métastable d'hélium (1). Des spectres semblables ont déjà été trouvés précédemment sous faible pression dans un mélange d'oxygène et d'argon ou de xénon. Dans les



deux cas il s'agissait de la raie interdite 5577,3 de OI. Dans le cas du xénon, on a un système de bandes complet dont l'analyse a permis de déterminer les énergies de dissociation des niveaux supérieur et inférieur et de s'assurer de l'exactitude de l'interprétation.

L'élargissement considérable des raies de HeI est surprenant sous faible régime : il ne peut s'expliquer ni par effet Stark, ni par effet de pression ou d'autoabsorption. La contribution des bandes He_2 dont la structure serait effacée sous forte pression est probablement négligeable. L'ensemble des observations s'explique tout naturellement si l'on admet l'existence de molécules peu stables HeHe; HeO. Leur comportement ressemblerait à celui des molécules stables pour lesquelles on observe un spectre moléculaire sous faible régime et un spectre atomique sous forte excitation, par suite de la dissociation des molécules.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Le couplage des oscillations externes de translation et de pivotement dans les cristaux.* Note (*) de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les cristaux formés d'éléments constitutifs complexes (ions complexes ou molécules), on peut classer les oscillations fondamentales de la maille en

(1) Les expériences en cours sur l'oxygène semblent indiquer que la bande 6156-8 est due à une molécule instable de O_2.

(*) Séance du 8 novembre 1948.

oscillations internes et en oscillations externes ([1]). Ces dernières, de fréquences relativement faibles, sont caractéristiques de l'arrangement des éléments constitutifs dans le réseau et disparaissent lorsque le réseau est détruit par fusion ou dissolution du cristal. On a l'habitude de subdiviser les oscillations externes en oscillations de translation (cisaillements, déplacements des centres de gravité) pendant lesquelles l'orientation des éléments constitutifs ne se modifie pas, et en oscillations de rotation (pivotements ou librations) au cours desquelles les molécules ou ions complexes pivotent autour de leurs centres de gravité qui restent immobiles.

Dans les cristaux ioniques, les pivotements des ions complexes anisotropes donnent naissance à des raies Raman intenses de polarisations remarquables ([2]). Les oscillations de translation dans ces derniers cristaux sont actives dans le spectre d'absorption infrarouge lorsque le centre de gravité des charges positives de la maille se déplace par rapport au centre de gravité des charges négatives. Ces oscillations de translation n'entraînent en général que de faibles variations de polarisabilité de la maille et ne peuvent apparaître que faiblement dans l'effet Raman. De leur côté, les oscillations de rotation ne peuvent apparaître dans l'infrarouge que si les éléments pivotants possèdent un moment électrique non nul.

Lorsqu'on connaît la structure de la maille cristalline et ses éléments de symétrie, on peut dénombrer les oscillations de translation et les oscillations de rotation correspondant à chaque type de symétrie. Pour l'exemple de la calcite, J. Cabannes ([3]) a ainsi construit les diverses formes d'oscillations externes. On peut alors remarquer que le nombre de raies Raman intenses de faible fréquence et le nombre de bandes d'absorption de l'infrarouge lointain, donné par l'expérience, sont supérieurs au nombre de vibrations théoriques dont l'activité est en accord avec les règles de sélection. C'est ainsi que dans la calcite, l'oscillation de translation pure de type E_g ne peut pas être active en diffusion. [L'argument invoqué par L. Couture ([4]) pour justifier son activité, n'est pas probant, car on ne peut pas considérer isolément une maille du cristal. Un choix différent de la maille conduit pour une même phase du mouvement d'ensemble à un résultat opposé, et il faut en conclure que tous les coefficients de déformation du tenseur de polarisabilité doivent disparaître.] De même les deux oscillations de pivotement pur A_{2u} (autour de l'axe ternaire) et E_u (autour d'un axe normal à l'axe ternaire) n'ont aucune chance d'apparaître dans le spectre infrarouge, car elles ne font pas varier les centres de gravité des charges électriques. Il y a donc là une apparente contradiction

---

([1]) S. Bhagavantam, *Proc. Ind. Ac. Sc.*, 13, 1941, p. 543.

([2]) C. V. Raman et T. M. K. Nedungadi, *Nature*, 143, 1939, p. 679.

([3]) J. Cabannes, *Revue Scientifique*, 80, 1942, p. 407.

([4]) L. Couture, *Ann. de Phys.*, 2, 1947, 5 (*voir* p. 22).

entre le nombre de vibrations actives indiqué par la théorie et celui trouvé par l'expérience.

Or, dans une récente Note, L. Giulotto et G. Olivelli ([5]) ont montré que les liaisons existant dans la calcite entre un ion CO_3 et les six ions de calcium, qui sont ses plus proches voisins, entraînent un couplage entre l'oscillation de translation de l'ion CO_3 suivant une normale à l'axe ternaire et l'oscillation de pivotement autour de cette direction de translation. La remarque des auteurs italiens a une portée générale : seule est rigoureuse la subdivision des mouvements de la maille en oscillations de différents types de symétrie. La subdivision en oscillations internes et en oscillations externes n'est déjà plus rigoureuse, mais elle se justifie pratiquement, en raison de la disproportion entre les forces intramoléculaires qui sont intenses et les forces intermoléculaires qui sont faibles. Mais la subdivision des oscillations externes en oscillations de translation et en oscillations de rotation est une opération idéale qui ne correspond pas à la réalité, lorsqu'elle n'est pas imposée par les conditions de symétrie. Les oscillations réelles d'un type de symétrie donné sont constituées, chacune, par des superpositions de mouvements de cisaillement et de mouvements de pivotement couplés ensemble.

C'est ainsi que dans le cas de la calcite, les deux vibrations E_g de fréquence 283 et 156 cm^{-1} sont toutes les deux des couplages du cisaillement E_g et du pivotement E_g et la participation du pivotement à chacune d'elles les rend actives toutes les deux dans le spectre Raman, mais contrairement à une affirmation des auteurs italiens, elles restent inactives dans l'infrarouge (car le cisaillement E_g résulte d'un déplacement symétrique des deux ions CO_3 par rapport au centre de symétrie de la maille).

Le cisaillement A_{2g} des ions CO_3 parallèle à l'axe ternaire est couplé avec l'oscillation de torsion A_{2g} de ces ions autour de l'axe ternaire, et les deux vibrations de couplage qui en résultent sont inactives en diffusion et en absorption.

Le cisaillement A_{2u}, parallèle à l'axe ternaire, se couple avec l'oscillation de torsion A_{2u} autour de cet axe, et la participation du cisaillement confère aux deux vibrations 357 et 106 cm^{-1} qui en résultent, l'activité infrarouge. Enfin, les trois vibrations 182, 330 et 106 cm^{-1} de type E_u résultent chacune d'un triple couplage entre le pivotement antisymétrique des deux ions CO_3 de la maille, l'antitranslation E_u des deux ions de calcium de la maille et l'antitranslation, de type E_u également, des ions CO_3 par rapport aux ions Ca. C'est la participation de ce dernier mouvement qui confère aux trois fréquences l'activité infrarouge. Nous insistons sur le fait que le couplage n'a lieu qu'entre modes de mouvement de même type de symétrie. Il convient de reprendre l'analyse des oscillations de basse fréquence des divers cristaux en étudiant les possibilités de couplage entre les divers types idéaux de mouvement.

([5]) L. Giulotto et G. Olivelli, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 555.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur le spectre différentiel des mésons de faible énergie.* Note (*) de MM. **Anatole Rogozinski** et **Marc Lesage**, présentée par M. Louis de Broglie.

La région importante du spectre des mésons pour les impulsions inférieures à quelques centaines de Mev/c est encore mal connue. Ceci est dû principalement aux difficultés d'une discrimination sûre entre les électrons et les particules pénétrantes (mésons), à l'action perturbatrice des champs magnétiques lorsqu'on y a recours et à la faible fréquence des particules étudiées ([1]).

Nous avons repris l'étude de cette région du spectre à l'Observatoire de Meudon (altitude 148^{m}), sous un toit de 2^{mm} Fe, par une méthode d'absorption différentielle, à l'aide des compteurs G. M. Cette méthode nous a permis d'obtenir, en un temps relativement court et avec une bonne discrimination entre les électrons et les particules pénétrantes, le spectre différentiel des mésons ayant des parcours compris entre $6^{cm},5$ et $46^{cm},5$ Pb.

Principe de la méthode et dispositif expérimental. — L'exploration du spectre est effectuée grâce à un ensemble de compteurs comprenant un télescope

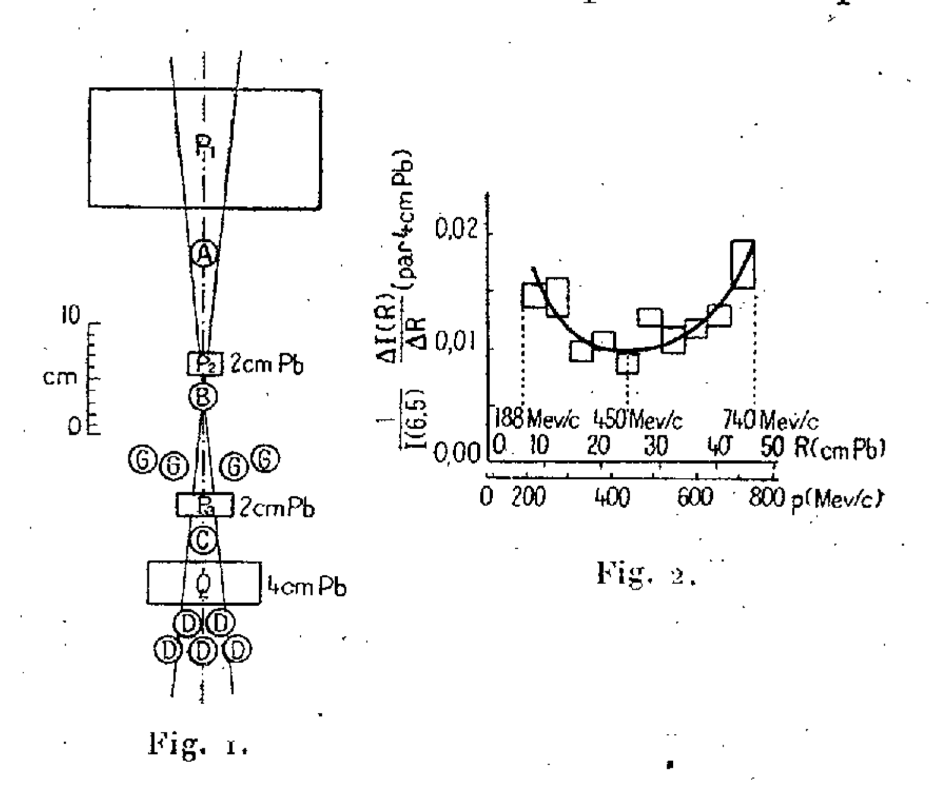


Fig. 1.

Fig. 2.

vertical formé par les compteurs A, B et C en coïncidence triple, 4 compteurs latéraux G branchés en parallèle et 5 compteurs D également branchés en parallèle; les compteurs D couvrent largement l'angle solide défini par le télescope (*fig.* 1).

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) P. M. S. Blackett, *Proc. Roy. Soc.*, A. 159, 1937, p. 1; L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *J. de Phys.*, 207, 1938, p. 8; H. Jones, *Rev. Mod. Phys.*, 11, 1939, p. 235; E. J. Williams, *Proc. Roy. Soc.*, A. 172, 1939, p. 194; D. J. Hughes, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 592; D. B. Hall, *Phys. Rev.*, 66, 1944, p. 231; J. G. Wilson, *Nature*, 158, 1946, p. 415; M. H. Shamos et M. G. Lévy, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1396; P. C. Bhattacharya, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 38; G. Salvini, Nuovo Cimento, 5, 1948, p. 213.

Les mesures consistent essentiellement à déterminer le nombre des particules pénétrantes filtrées par un écran $P = P_1 + P_2 + P_3$ d'épaisseur variable et, simultanément, leur fraction arrêtée dans un écran différentiel Q de 4^{cm} Pb. L'écran Q détermine la largeur de la bande explorée et l'écran P sa position dans le spectre.

La discrimination entre les particules pénétrantes et les électrons est basée sur le pouvoir gerbigène de ceux-ci, le pouvoir gerbigène des particules pénétrantes pouvant être considéré comme négligeable. C'est grâce aux compteurs G qu'il est possible de savoir si une particule émerge isolée, c'est-à-dire non accompagnée par une gerbe, d'une épaisseur suffisante d'absorbant (2).

Afin de rendre cette discrimination aussi sûre que possible, nous fûmes amenés, pour des raisons théoriques et expérimentales, à disposer en P_1 un minimum de 2^{cm} Pb et en P_2 et P_3 deux écrans permanents de 2^{cm} Pb chacun; ceci équivaut, si l'on tient compte des parois des compteurs, à une épaisseur totale minimum d'absorbant P de $6^{cm},5$ Pb et cette valeur représente la limite au-dessous de laquelle on n'a pas jugé prudent de reculer le début du spectre étudié.

Tous les compteurs ont une enveloppe en laiton de 1^{mm} d'épaisseur et un diamètre intérieur de 26^{mm}. La longueur effective des compteurs A, B et C est de 125^{mm}, celle de tous les autres de 500^{mm}.

Un circuit à groupe-maître (3) permet d'enregistrer, simultanément, les coïncidences ABC, ABCD et ABCG. On en déduit, en particulier, les anticoïncidences $ABC - G$ et $ABC - (D + G)$, qui fournissent respectivement la fréquence $I(R)$ des mésons dont le parcours excède la valeur R représentant l'épaisseur de l'écran P et la fréquence $\Delta I(R)$ de la fraction de ces mésons qui sont arrêtés dans l'épaisseur ΔR de l'écran Q.

Résultats. — Le spectre différentiel exploré est représenté par la courbe de la figure 2, où les impulsions correspondant aux parcours dans le Pb ont été déterminées d'après les courbes de Princeton, mises à notre disposition par le Professeur J. A. Wheeler. La largeur des bandes explorées, déterminée par l'épaisseur de l'écran Q de 4^{cm} Pb, correspond ainsi à 55 Mev/c, environ. Chaque rectangle représente le domaine d'indétermination résultant de la largeur de la bande explorée et de l'erreur statistique probable des mesures. La fréquence $I(6,5)$ est de $38,50 \pm 0,42$ coïncidences par heure. Les résultats ont été corrigés pour l'absorption dans les parois des compteurs, pour l'effet barométrique, ainsi que pour l'effet résiduel en l'absence de l'écran Q.

---

(2) En ce qui concerne la confusion possible entre un méson et une gerbe étroite ne déchargeant pas les compteurs G, une Note prochaine de A. Rogozinski et A. Voisin montrera que cet effet est négligeable.

(3) A. Rogozinski, *Ann. de Phys.*, 20, 1945, p. 391.

Le spectre présente un minimum accusé ([4]), et est situé, en général, au-dessous des spectres similaires obtenus par d'autres auteurs ([1]).

La décroissance rapide de la partie initiale du spectre pourrait être due à des protons, en dehors d'un résidu éventuel d'électrons.

Les mesures continuent du côté des grandes énergies, afin de déterminer la position du maximum par lequel le spectre doit passer nécessairement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres de fluorescence de quelques combinaisons organiques du nitrate d'uranyle.* Note (*) de Mme **Marie Freymann** et M. **Henri Chantrel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans de précédentes Notes ([1]) une classification des spectres de fluorescence de divers sels d'uranyle a été proposée. Aux fréquences 210, 860 et 930 cm^{-1} déjà connues, la fréquence 30 cm^{-1} avait été adjointe ([2]). La préparation par l'un de nous ([3]) de diverses combinaisons organiques du nitrate d'uranyle nous a permis de généraliser nos observations antérieures sur la fréquence 30 cm^{-1}.

On trouvera rassemblé, dans le tableau ci-joint : Les fréquences signalées par Pant ([4]) pour le chlorure d'uranyle; les fréquences que nous avons mesurées pour : nitrate à $6H_2O$, nitrate + acétone, nitrate + éther-oxyde d'éthyle, nitrate + dioxane ([3]). (Les spectres de fluorescence de ces corps à l'état solide ont été étudiés à la température de l'air liquide).

Seules ont été données (pour des raisons matérielles) les bandes du premier groupe, entre 21000 et 19800 cm^{-1}; les bandes des autres groupes s'en déduiront par soustraction de 865, 865×2, $865 \times 3\,cm^{-1}$. Toutefois, les valeurs entre parenthèses se rapportent aux bandes du deuxième groupe qui n'ont pas de correspondant dans le premier.

On voit que le spectre de nitrate + acétone diffère peu de celui du nitrate à $6H_2O$. Par contre, les spectres de nitrate + éther et nitrate + dioxane

---

([4]) E. W. Kellermann, de l'Université de Manchester, a exploré récemment, à l'aide d'une méthode analogue à la nôtre, la région du spectre comprise entre 4 et 20^cm^ Pb et y a trouvé un minimum aux environs de 10^cm^ Pb. (Communication privée.)

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 543 et 573; **225**, 1947, p. 529.

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 332.

([3]) H. Chantrel, *Diplômes d'Études supérieures*, Rennes, 1948 (à paraître en Microfilm aux Archives originales du C. N. R. S.). Dans ce travail, on a mis en évidence l'existence d'un composé d'addition nitrate d'uranyle + dioxane qui ne semble pas avoir été signalé; on trouvera également une étude de la susceptibilité magnétique de divers sels d'uranyle; enfin, un parallèle a pu être établi entre le problème de la liaison hydrogène et la possibilité de former des combinaisons organiques avec le nitrate d'uranyle.

([4]) Pant et Sakhwalkar, *Proc. Indian Ac. Sc.*, **19**, 1944, p. 135; Pant, *ibid.*, **22**, 1945, p. 95 et 110.

Nitrate à $6H_2O$.	Nitrate + acétone.	Nitrate + éther.	Nitrate + dioxane.	Chlorure.
		19821	19820	
19831	(18970 + 865)			19833
			19845	
		19872		
	19896	**19901**	19901	
			19923	
19934	(19064 + 865)	**19936**		
			19960	
			20004	
			20028	
				20051
			20091	20093
20100	(19238 + 865)			
		(19260 + 865)		20130
(19301 + 865)			(19313 + 860)	
20182		(19320 + 865)		
				20218
		(19365 + 865)		20240
				20286
20305				
(19471 + 865)	(19472 + 865)	(19463 + 865)		
20345		(19485 + 865)		**20339**
	20366			
			(19520 + 860)	
20396	20396	20400	20396	
20425		20415		(19574 + 854)
	20448	20446	20446	20440
		20467		20462
(19619 + 865)		(19624 + 865)		20482
20500	(19640 + 865)	20500		
(19646 + 865)		20515	**20513**	20511
		20534		**20535**
		(19681 + 865)		
	20567	20561	20565	20565
(19708 + 865)		(19712 + 865)		
20589	**20588**	**20588**		20589
20623	20623	**20616**	20623	
		20636		
		20653	**20651**	
	(19814 + 865)		**20670**	
(19831 + 865)		(19821 + 865)		(19833 + 854)
			(19845 + 860)	
		20714		
		(19872 + 865)		
			20755	20760 Abs.
		20766		
			20785	
		(19936 + 865)	20817	

présentent d'importantes particularités : 1° Plusieurs bandes apparaissent qui n'existent pas pour le nitrate seul. 2° On retrouve pour nitrate + éther les bandes 20589-20561-20534-20515-(20489)-20467-20446 qui, aux erreurs d'expériences près, correspondent aux bandes 20589-20565-20535-20511-20482-20462-20440 signalées par Pant pour le chlorure. Ces résultats tendent à montrer que l'on peut essayer de donner *une classification unique* des niveaux pour tous les sels d'uranyle. Seul l'ion UO_2^{++} intervient, indépendamment de la nature de l'anion. 3° *L'existence de la fréquence* 30 cm^{-1} *environ* est confirmée, (Ex. : $20616 - 20588 = 28$; $20588 - 20561 = 27$; $20561 - 20534 = 27$; $20534 - 20500 = 34$, etc.). 4° On prévoit la nécessité d'adjoindre à 30 cm^{-1} une fréquence voisine de 12 cm^{-1} environ dont nous confirmerons l'existence prochainement [Ex. : $20588 - (20577) = 11$; $20515 - 20500 = 15$; $20415 - 20400 = 15$, etc.].

Les présentes observations, outre leur importance du point de vue de la structure de l'ion UO_2^{++}, nous paraissent devoir fournir d'utiles renseignements sur le mécanisme de la formation des composés d'addition des sels d'uranyle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fractionnement de résines phénoplastes par dissolution sélective*. Note (*) de M. **Léon Jacqué**, Mlle **Antoinette Jousselin** et M. **Félix Millot**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les principales méthodes proposées jusqu'ici pour apprécier l'état de condensation des résines formo-phénoliques sont fondées sur l'écoulement de la substance par chauffage (*points de goutte*, etc.), la viscosité des solutions ou, encore, l'indice de brome total, généralisation (1) de la méthode de Koppeschaar de dosage du phénol.

A côté de ces propriétés globales, il est intéressant de connaître la répartition dans la résine de fractions plus ou moins condensées.

La précipitation fractionnée (2) (3) s'accompagne de filtrations et centrifugations délicates, entraînant souvent un déficit dans le bilan. L'extraction directe par une série de solvants sélectifs soulevait la difficulté de traiter sous forme divisée une substance qui tend à s'agglutiner. Cette difficulté a été surmontée en appliquant la méthode décrite par l'un de nous (4) : à la surface de 50^g de support inerte non poreux, finement divisé (grains de quartz de $0^{mm},2$

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(1) Petrov et Smirnova, *Kunststoffe*, 28, 1938, p. 245; Caron et L. Jacqué, 20e *Congrès de Chimie Industrielle*, septembre 1946 (*Industrie des Plastiques*, 4, janvier 1948, p. 35).

(2) Wandscheidt, Itenberg et Andrejewa, *Plastitscheskja Massi* II, 1937, p. 132-144 et *Ber.*, 69-2, 1936, p. 1906.

(3) H. F. Muller et I. Muller, *Kunststoffe*, 38, n° 2, 1948, p. 25-29.

(4) L. Jacqué, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 768-770.

environ), on dépose, par évaporation d'une solution alcoolique de 1g de résine, une pellicule adhérente, de grande surface et de faible épaisseur; celle-ci est extraite par chaque solvant dans un appareil thermostatique sous pression réduite. Après chaque extraction l'échantillon est séché sous vide et l'extrait sec est pesé et étudié.

Les résultats donnés ci-dessous se rapportent à deux résines de condensation acide, A et B, donnant des répartitions différentes des fractions; celles-ci sont les suivantes :

a. humidité (déterminée séparément);
b. soluble à l'eau à 20° et entraînable à la vapeur (compté comme phénol);
c. soluble à l'eau à 20° et non entraînable;
d. soluble dans le benzène à 40° (10 heures d'extraction);
e. soluble dans le chloroforme à 40° (8 heures d'extraction);
f. soluble dans l'éthanol (95° GL) à 40° (2 heures d'extraction.

	Pour cent en poids.					Indice de brome des fractions.				
Essais. Fractions.	I.	II.	III.	IV.	Moy.	I.	II.	III.	IV.	Moy.
	Résine A. — Point de goutte : 90°. Indice de brome global : **2.380**.									
a.......	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	–	–	–	–	–
b.......	4,5	4,5	4,4	4,4	4,45	5.100	5.100	5.100	5.100	5.100
c.......	3,9	3,9	3,5	3,5	3,7	3.000	3.000	3.100	3.100	3.050
d.......	10,1	11,7	9,5	9,7	10,25	2.767	2.819	2.750	2.719	2.764
e.......	23,8	24,8	25,6	24,7	24,72	2.375	2.275	2.350	2.321	2.330
f.......	57	54	56,4	57,1	56,12	2.130	2.150	2.095	2.108	2.121
Bilan..	100,5	100,1	100,6	100,6	100,5	2.405	2.401	2.374	2.360	**2.393**
	Résine B. — Point de goutte : 138° env. Indice de brome global : **2.150**.									
a.......	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	–	–	–	–	–
b.......	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	5.100	5.100	5.100	5.100	5.100
c.......	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
d.......	5,7	5,2	5,1	5,6	5,4	2.851	2.650	2.851	2.650	5.750
e.......	13,0	12,4	11,9	12,1	12,3	2.214	2.306	2.214	2.282	2.256
f.......	78,6	79,2	79,3	79,2	79,0	2.093	2.072	2.125	2.091	2.095
Bilan..	100,3	99,8	99,3	99,9	99,8	2.174	2.141	2.158	2.165	**2.159**

Ce tableau appelle les observations suivantes :

La fidélité du fractionnement, déjà acceptable, pourra sans doute être améliorée. Le bilan pondéral des extraits accuse toujours moins de 1 % d'écart. L'indice de brome global mesuré concorde avec l'indice global calculé (bilan des indices partiels mesurés, rapportés au pourcentage de chaque fraction). Ceci tend à prouver que les fractions ne sont pas altérées au cours de leur isolement.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Méthode approchée de construction de diagrammes moléculaires selon la technique des orbites moléculaires.* Note (*) de Mme **Pascaline Daudel**, MM. **Raymond Daudel** et **Claude Vrœlant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une publication récente (1) il a été démontré à l'aide de la technique des états de spin que l'indice de liaison dépend essentiellement, pour une liaison donnée, de l'ordre de celle-ci et des ordres des liaisons adjacentes.

Partant de cette remarque, on peut construire un tableau qui donne l'indice de liaison en fonction des ordres considérés, aussi bien en mésomérie, qu'en méthode des états de spin ou dans la théorie des orbites.

Ici sont résumés les résultats obtenus à partir de cette dernière méthode. Ces résultats ont été établis en utilisant différents diagrammes déjà calculés (2).

L'approximation est améliorée en distinguant pour chaque type de liaison celles qui n'appartiennent pas à un cycle (notées L), celles qui appartiennent à un seul cycle à 6 chaînons (C_1), celles qui sont situées sur une série de cycles accolés en chaîne droite (C_2), celles qui sont situées sur un cycle *d'extrémité d'angle* (C'_2) (*fig.* 1) et celles qui sont situées sur un *cycle d'angle* (C''_2) (*fig.* 2).

C'_2

Fig. 1.

C''_2

Fig. 2.

Voici le tableau ainsi obtenu :

	11.	12.	22.	23.	33.	133.
L.....	450	480	785	–	820	405
C_1....	–	–	660	675	690	–
C_2....	–	–	590	735	–	–
C'_2....	–	–	625	700	–	–
C''_2....	–	–	–	–	775	–

	233.	234.	244.	333.	334.	344.
L.....	460	–	615	450	–	752
C_1....	605	612	–	–	630	655
C_2....	455	540	–	–	610	580
C'_2....	–	577	590	–	–	–
C''_2....	–	500	–	–	–	–

(*) Séance du 18 octobre 1948.

(1) Vrœlant et Daudel, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(2) Coulson et Longuet Higgins, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929.

	2334.	3333.	3334.	3344.	4444.
L.....	375	370	385	410	685
C_1....	–	–	–	510	–
C_2....	–	480	500	–	–
C'_2....	–	–	545	–	–
C''_2....	–	–	–	455	–

Ce tableau, qui peut être aisément complété et comprendre les charges dues aux différents substituants, permet la détermination sans aucun calcul de nouveaux diagrammes relatifs à des molécules même très complexes.

Voici, à titre d'exemple, deux diagrammes obtenus ainsi :

CHIMIE THÉORIQUE. — *Spectres d'absorption et diagrammes moléculaires des mono- et dioxy-benzènes.* Note (*) de M. **Camille Sándorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Kiss, Molnár et Sándorfy ont récemment étudié les spectres d'absorption ultraviolets d'un certain nombre de dérivés phénoliques ([1]) et ils les ont interprétés d'une façon semi-quantitative à l'aide des idées de la chimie théorique relatives aux substituants ([2]). Ici nous donnons les résultats obtenus par la méthode des orbitales moléculaires ([3]) pour le phénol, la pyrocatéchine, la résorcine et l'hydroquinone. Pour les obtenir il nous a fallu déterminer un certain nombre de constantes qui figurent dans cette méthode.

Nous avons déterminé d'abord la valeur de l'intégrale de résonance β à partir du spectre du benzène. (Voir le tableau I.) Les trois niveaux les plus bas étant occupés par les six électrons π du benzène, on peut penser aux

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 724.

([2]) Voir par exemple : R. Daudel et M. Martin, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 559; R. Daudel et Buu-Hoï, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([3]) Voir par exemple : C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A, **191**, 1947, p. 40.

transitions $+1 \rightarrow -1$, ou bien $+2 \rightarrow -1$, qui correspondraient au maximum d'absorption du benzène, qui est à 2550 Å. Remarquons ici que Sklar ([4]) a affirmé que la bande du benzène est due à une transition interdite. Suivant la transition que l'on choisit, on est amené à attribuer à β la valeur de 55,8 ou de 37,2 Cal/mol.

La connaissance du maximum d'absorption du phénol (2750 Å) nous permet de déterminer les paramètres nécessaires à tenir compte de l'oxygène. Ce sont pour les excès d'intégrales coulombiennes, $\alpha_N = 9/5\,\beta$ et $\alpha_C = 9/40\,\beta$ pour le carbone qui est lié à l'azote, si $\beta = 37,2$ cal/mol.

Cela admis, nous pouvons calculer les spectres et les diagrammes moléculaires des mono- et dioxy-benzènes. Le tableau I renferme les énergies en unités β des orbitales moléculaires des corps traités ici. Les signes (—) indiquent que les niveaux marqués ainsi correspondent à des fonctions d'onde antisymétriques par rapport à l'axe qui, pour le phénol et l'hydroquinone passe par les OH et qui, pour la résorcine, et le pyrocatécol passe entre les deux OH.

TABLEAU I.

Benzène.	Phénol.	Hydroquinone.	Pyrocatéchine.	Résorcine.
−2	−2,5547	−2,6384	−2,7443	−2,6612
−1	−1,7486	−2,4207	−2,2073(—)	−2,3734(—)
−1(—)	−1,0000(—)	−1,4690	−1,6569	−1,5459
+1	−0,7705	−1,0000(—)	−0,8906(—)	−0,8515
+1(—)	+1,0000(—)	−0,6168	−0,6462	−0,7116(—)
+2	+1,0425	+1,0000(—)	+1,0226	+1,0212
	+2,0064	+1,0824	+1,0603(—)	+1,0640(—)
		+2,0125	+2,0127	+2,0125

Le tableau II donne les énergies de transition en unité β pour ces mêmes corps. Le niveau de départ est toujours le plus grand des niveaux négatifs et les niveaux d'arrivée sont dans la première ligne du Tableau II les niveaux positifs avoisinants, dans la deuxième ligne les premiers niveaux positifs antisymétriques et dans la troisième ligne les niveaux les plus élevés. Après, nous donnons les longueurs d'onde qui correspondent à ces derniers et leurs valeurs expérimentales :

TABLEAU II.

	Benzène.	Phénol.	Hydroquinone.	Pyrocatéchine.	Résorcine.
	2	1,77	1,62	1,67	1,73
	2	1,77	1,62	1,71	1,77
	3	2,78	2,63	2,66	2,72
λ	2550	2750	2910	2870	2800
$\lambda_{exp.}$	2550	2750	2990	2780	2770

([4]) *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 669.

On voit que c'est la deuxième ligne avec les transitions entre niveaux symétriques et antisymétriques qui donnent le mieux les positions relatives des maxima d'absorption de ces corps.

Voici les diagrammes des bond orders et des charges (I) et ceux des valences libres (II).

On y retrouve l'effet directeur de l'OH en ortho et en para. Le taux de conjugaison du groupe OH correspond à un indice de liaison de 17 % en mésomérie, chiffre prévu par les méthodes approximatives [2].

Les diagrammes des dioxybenzènes laissent voir qu'aux atomes qui peuvent recevoir des électrons de deux OH, les charges s'additionnent à peu près, c'est-à-dire un effet de gêne mutuel qu'on pourrait prévoir par exemple pour la résorcine n'est pas démontrable par la méthode des orbitales moléculaires, en ce qui concerne les charges.

Les charges sur les carbones liés aux oxygènes montrent, comme d'ailleurs le diagramme du phénol, que les oxygènes envoient un peu plus de charges négatives en ortho, qu'en para. Il est intéressant à noter que les deux OH sont plus bathochromes en para et en ortho qu'en méta, bien que le taux de conjugaison du para et de l'ortho soit plus petit que celui du méta.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le mode de liaison de l'atome de manganèse dans les bioxydes utilisés dans les éléments Leclanché.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons suggéré une interprétation possible de l'accroissement de la susceptibilité magnétique du bioxyde de manganèse lors de son activation en vue d'accroître son pouvoir dépolarisant dans les éléments Leclanché.

---

[1] J. Amiel, J. Brenet et G. Rodier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 60-61.

Nous avons été amené toutefois à reprendre l'examen du mode de liaison possible de l'atome de manganèse dans ses composés. Nous admettons que le manganèse se lie d'abord par l'intermédiaire des électrons $3d$. Nous avons été conduit à cette hypothèse en considérant que lors de la constitution des différentes couches électroniques des éléments successifs de la table périodique la couche $3d$ est constituée après la couche $4s$. Nous pouvons donc dire que les électrons $3d$ sont les plus extérieurs de l'atome de manganèse, ou encore que l'atome de manganèse dans ses diverses combinaisons engagera en premier lieu ses électrons $3d$.

Cette manière de voir a en outre l'avantage, dans le cas de composés tels que MnO_2, d'introduire entre les deux oxygènes une symétrie plus grande que celle qui était concevable en admettant une liaison par deux électrons $4s$ et deux électrons $3d$. Or, cette symétrie entre les deux oxygènes tend à s'imposer du fait même des symétries existant dans la maille cristalline élémentaire de bioxyde.

Enfin, du point de vue théorique, si nous voulons tenter un calcul des directions d'axes de valence par la méthode de Pauling ([2]) ou ses variantes, il nous est possible d'appliquer une hybridation aux orbites des quatre électrons d, ce qui ne serait pas correct pour les quatre électrons $3d^2$ et $4s^2$ dont les états énergétiques sont différents.

Nous avons donc appliqué avec toutes les réserves qu'il convient de faire, du point de vue théorique, la méthode de Pauling en nous contentant de l'approximation faite dans certains cas par Daudel ([3]) pour l'obtention des fonctions de valence.

Les fonctions d'onde des états d sont celles qu'a données Pauling ([2]) en acceptant comme électrons de liaison les électrons π et δ (fonctions d_{y+z}, d_{x+z}, d_{x+y}; d_x). Les directions des axes de valence nous ont été données par l'étude de la surface paramétrique

$$\rho = \frac{\sqrt{15}}{2} \sin\theta \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}.$$

Les quatre axes de valence sont situés dans le plan $y\,o\,z$ et les fonctions de valence peuvent être données par deux séries de solutions :

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} \Psi_1 = d_x, \\ \Psi_2 = -d_x, \\ \Psi_3 = d_x, \\ \Psi_4 = -d_x, \end{cases} \qquad \text{(II)} \quad \begin{cases} \Psi_1 = d_{x+y}, \\ \Psi_2 = -d_x, \\ \Psi_3 = d_{x+y}, \\ \Psi_4 = -d_x, \end{cases}$$

([2]) PAULING, *The Nature of the Chemical Bond*, New-York, 1945.

([3]) R. DAUDEL et A. BUCHER, *Journ. Chim. Phys.*, 42, 1945, p. 6.

A ces deux séries de solutions correspondent des axes de valence qui sont dirigés suivant oy et oz pour le système I, et suivant oy et la bissectrice de yoz pour le système II.

Dans les deux systèmes de solutions, les forces de liaison sont identiques entre elles et égales à $\sqrt{15}/2$; mais le poids des électrons est différent. Dans la solution I, le poids de l'électron représenté par la fonction d_x est 4 et il est zéro pour les trois autres. Dans la solution II, le poids des électrons $\pi(m + = \pm 1)$ est zéro, et il est 2 pour chacun des deux électrons $\delta(m = \pm 2)$.

Ces résultats semblent démontrer que dans le cas du système de solutions I les électrons π et l'électron $\delta(m = -2)$ sont moins engagés dans la liaison que l'électron $\delta(m = +2)$. Dans le cas de la solution II, ce sont les deux électrons δ qui apportent une contribution du même ordre, les électrons π étant au contraire liés moins étroitement.

En ce qui concerne le paramagnétisme du bioxyde de manganèse, nous savons qu'il résulte principalement de celui de l'atome de Mn, c'est-à-dire qu'il est dû aux électrons de l'état non saturé $3d$. Dans ces conditions, le système des fonctions de la solution I correspondra à un paramagnétisme accru puisque les liaisons dues aux deux électrons π et à l'électron $\delta(m = -2)$ sont plus lâches. Nous pouvons donc penser que la forme activée du bioxyde de manganèse caractérisée par l'exaltation du paramagnétisme signalée dans une Note précédente [1], correspond à un relâchement des liaisons manganèse oxygène dues à ces trois électrons. La forme normale sera représentée, au contraire, par le système II des fonctions d'ondes.

Nous pouvons, dès lors, considérer qu'il y a dans le bioxyde de manganèse deux états possibles en résonance de mésomérie, et dans la forme activée il y a prédominance de l'état correspondant au système I des fonctions d'ondes.

Nous pouvons envisager une évaluation ultérieure des proportions de ces deux états dans la forme normale et dans la forme activée de ce corps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence des aluns en solution aqueuse. Stabilité des sulfates complexes correspondants.* Note (*) de MM. **André Chrétien** et **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les aluns sont considérés comme des sels doubles types. Il est classique d'admettre qu'ils ne se différencient pas, en solution aqueuse, d'un mélange des deux sulfates correspondants.

Aucune étude systématique ne semble exister sur cette question. L'hydrolyse intervient à un degré important et l'interprétation des mesures physiques en est relativement compliquée.

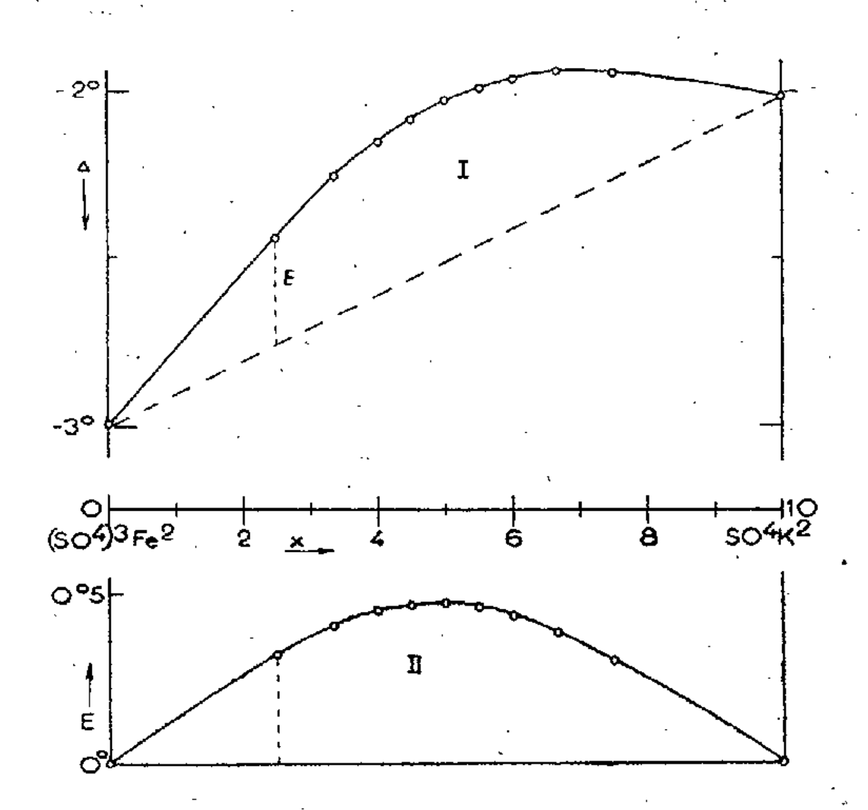
(*) Séance du 3 novembre 1948.

Notre travail apporte un ensemble de données qui permettent de conclure :

1° Les solutions aqueuses mixtes des deux sulfates formant un alun s'écartent de la règle des mélanges dans tout le domaine de concentration accessible (de 0,2 à 0,5 mol-g/l-cryoscopie).

Tout un ensemble de couples se comporte ainsi. L'un des sulfates est celui de chrome III (solution verte, sans dissimulation à la baryte), fer III, ou aluminium; l'autre est celui de rubidium, potassium, ammonium, sodium, lithium, magnésium, ou manganèse II.

La figure (courbe I) en donne un exemple. Elle concerne le couple $(SO_4)^3Fe^2$-SO_4K_2, solutions demi-molaires; les solutions primitives sont mélangées à volume total constant (10^{cm^3}).



La courbe des écarts cryoscopiques (II) a toujours une allure régulière. Cet écart augmente avec la teneur en sulfate monovalent jusqu'au voisinage de $x=5$, puis il diminue. La concentration et la nature des sulfates ne changent pas ce résultat. Ce décalage est dû à l'hydrolyse du sulfate trivalent.

L'existence en solution aqueuse d'une combinaison équimoléculaire des sulfates acouplés est donc établie. On a, par exemple :

$$(SO_4)^3Fe^2 + SO_4K_2 \rightarrow (SO_4)^3Fe^2, SO_4K_2.$$

Une réaction de l'acide sulfurique sur le sulfate III, analogue à celle-là, n'est pas décelée dans nos conditions de travail.

En effet, l'écart cryoscopique garde une valeur fixe pour x donné, si les deux solutions primitives sont additionnées d'acide sulfurique à concentration égale; cette concentration a été variée d'une série d'expériences à une autre, de 0,1 M à 1 M (elle atteint 0,11 M pour l'exemple choisi avec les deux sulfates).

L'abaissement moléculaire de la température cryohydratique du nitrate de potassium varie notablement avec la concentration par addition du mélange

équimolaire des deux sulfates. Il tend vers la valeur correspondant à six fois la constante de l'eutectique (16,5) [1] lorsque la dilution augmente.

Ce fait établit l'existence de six ions différents de ceux du sel formant l'eutectique (NO_3K).

La courbe traîne le long de l'axe des concentrations, puis elle s'incurve lorsque la dilution molaire dépasse une certaine valeur : 8, par exemple pour les couples $(SO_4)^3Fe^2 — SO_4K_2$ et $(SO_4)^3Cr^2 — SO_4K_2$.

Pour une concentration suffisante, le nombre des ions tombe au-dessous de six.

C'est là un recoupement certain pour caractériser l'existence en solution d'une combinaison complexe des deux sulfates.

2° Les sulfates complexes ainsi mis en évidence sont différenciés par leur stabilité en solution aqueuse.

Les éléments formant le cation se classent dans le même ordre, quel que soit le métal coordinateur (Cr et Fe III, Al)

$$Rb—K—NH_4—Na—Li—Mg—Mn\,II,$$

par stabilité décroissante du complexe.

Par exemple, la constante de dissociation, rapportée aux concentrations molaires, passe de 1/30 pour le fer III-sulfate de rubidium à 5 pour le fer III-sulfate de manganèse II (concentration 1/3 mol.) au voisinage de 0°.

Ces limites ne changent pas sensiblement quand le fer est remplacé par le chrome, ou par l'aluminium. Cependant, la stabilité des complexes diminue du premier au second et au troisième de ces éléments.

En résumé, nous avons reconnu que les aluns de chrome, de fer III ou d'aluminium sont en réalité des complexes. L'élément formant le cation intervient pour marquer la stabilité du complexe.

Nous avons déterminé la constante de dissociation de ces complexes et indiqué leur ordre de stabilité. Cet ordre ne modifie pas le classement habituel des éléments alcalins basé sur leurs caractères généraux.

Les complexes dont l'existence est ainsi démontrée peuvent être représentés par le schéma suivant :

$$\left[M^2_{III}\begin{matrix}(SO_4)^4\\(H_2O)^4\end{matrix}\right]M^2_I.$$

Nos conclusions, quant à l'existence en solution aqueuse d'un ion complexe correspondant aux aluns, expliquent l'observation qualitative faite dès 1897, par Jones et Mackay [2].

---

(1) Eugène Cornec et Henri Muller, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735.

(2) *Am. Chem. J.*, 19, 1897, p. 83.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déformation des orbites électroniques de l'azote par cyclisation (structure et absorption des benzotriazols).* Note (*) de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude des relations entre la structure et l'absorption des corps organiques, poursuivie par l'un de nous avec divers collaborateurs, a révélé l'existence d'une isomérie nouvelle qui ne pouvait être prévue par nos formules. Ce phénomène a d'abord été observé pour des séries de corps possédant un noyau aromatique lié directement à l'un des groupes : $>C=C<$, $X=NX$ ($X=OH$, $O.R$, $O.CO.R$, $NH.CO.NH_2$, $NH.C_6H_5$...).

Alors que dans l'une des formes dites *absorbante*, l'atome lié au noyau se comporte comme un élément non saturé, conformément à nos schémas, dans l'autre forme, dite *transparente*, ce même élément joue le rôle d'un atome saturé. Le passage d'une forme à l'autre peut se produire : par effet stérique, cyclisation, ouverture d'un cycle, ou bien encore par modification du nombre de chaînons d'un cycle.

Comme, dans les exemples cités, la fonction est liée au noyau par un carbone, on pouvait se demander si le phénomène ne correspond pas uniquement à une transformation réversible de l'une des deux variétés de cet élément en l'autre, ou bien si d'autres éléments sont susceptibles de provoquer un phénomène semblable. Afin de soumettre cette hypothèse au contrôle expérimental, nous avons étudié l'absorption de composés dans lesquels la fonction, liée au noyau, ne contient que de l'azote. Tel est le cas des benzotriazols. Les spectres de quelques termes de cette série avaient déjà été mesurés, mais avec des objectifs différents (I).

Les formules (I), (II) et (III) ont été proposées pour représenter le benzotriazol, elles sont encore discutées. La structure des dérivés α substitués n'est pas mise en doute; par contre, celle des dérivés β est considérée, suivant les auteurs, comme correspondant soit à (II) (c'est la plus probable), soit à (III).

N, N (β), NH (α) — (I). N, NH, N — (II). N, NH, N — (III).

Les résultats obtenus au cours de ces recherches permettent d'énoncer les conclusions suivantes :

A. *Le benzotriazol se trouve, en solution neutre, en équilibre sous les formes* (I)

(*) Séance du 8 novembre 1948.

et (II), *la première étant en quantité prépondérante dans le mélange. L'équilibre est déplacé en faveur de* (I) *dans les acides et en faveur de* (II) *dans les alcalis.*

B. *Dans le benzotriazol et ses dérivés α substitués, l'influence exercée par le groupe* —N=N— *est, du point de vue spectral sensiblement nulle.*

Le benzotriazol, l'α-méthyl et l'α-phénylbenzotriazol absorbent dans les mêmes régions que, respectivement : l'aniline, la méthylaniline et la diphénylamine. *La déformation des angles valentiels des atomes d'azote du groupe azo* —N=N *a pour conséquence de supprimer le* « *couplage* » *entre ce groupe et le reste de la molécule. Ces corps ont la forme* « *transparente* ».

C. Si, prenant comme exemple le phénylbenzotriazol (IV), on augmente le nombre des chainons de l'hétérocycle, en introduisant un CH_2 entre le noyau et l'azote aminé, selon *a*, ou bien encore, si l'on ouvre le cycle, selon *b*, permettant ainsi aux angles valentiels de reprendre leur valeur normale, un *couplage* énergique se produit, entre le noyau et le groupe azo, ce qui se traduit par un changement d'absorption considérable. Le 3-phényl-3-4-dihydro-1-2-3-benzotriazine (V) et le phénylaminodiazobenzène (VI) *ont la forme* « *absorbante* » *et leurs absorptions sont très voisines.*

(V) *Absorbante.* (IV) *Transparente.* (VI) *Absorbante.*

La position du maximum d'absorption (exprimée en fréquences $\nu . 10^{-12}$) de la bande d'absorption la plus proche du rouge de chacune de ces substances est 1031 pour (IV), 829 pour (V) et 850 pour (VI).

En définitive, d'après ces résultats, on doit admettre que, dans le groupe azo —N=N—, l'azote existe sous des variétés différentes, suivant qu'il est engagé dans l'hétérocycle du benzotriazol et de ses dérivés α substitués, ou bien qu'il est présent dans un hétérocycle à six chaînons, soit encore dans une molécule à chaîne ouverte.

Parmi les trois variétés d'azote dont on admet actuellement l'existence, on doit écarter l'hypothèse selon laquelle l'une des variétés présentes dans ces composés aurait la structure électronique de l'ion ammonium. En effet, l'un au moins d'entre eux devrait avoir une conductivité notable. Or M. Gallais, qui a bien voulu mesurer la conductivité des corps (IV), (V) et (VI), a trouvé des valeurs beaucoup trop faibles pour que la présence de cet ion, dans les molécules étudiées, puisse être envisagée.

---

(1) Ley et Specker, *Ber.*, 72, 1939, p. 192 ; Specker et Carvrasch, *Ber.*, 75, 1942, p. 1338.

GÉOLOGIE. — *Application à l'interprétation de faits géologiques des études sur le métamorphisme par diffusions d'ions dans le solide.* Note (*) de MM. **René Perrin** et **Marcel Roubault**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note précédente ([1]), utilisant les travaux de T. W. Barth, Lapadu-Hargues et Brajnikov, nous avons indiqué : 1° que le volume de la lithosphère est constitué presque entièrement par le volume des ions d'oxygène; 2° que le volume d'une roche est d'autant plus grand que la concentration en oxygène, c'est-à-dire le nombre d'ions d'oxygène par centimètre cube, est plus faible; 3° que cette concentration varie fortement d'un minéral à l'autre; 4° que les échanges de cations, générateurs du métamorphisme, avaient dû produire des variations de volume et des plissements. Par voie de conséquence, la rigidité des roches et des bâtis, s'opposant aux déformations, doit parallèlement s'opposer aux échanges d'ions et ainsi à la genèse de minéraux ou d'ensemble de minéraux nouveaux, susceptible de provoquer des augmentations de volume. La structure des roches métamorphiques et plutoniques est ainsi issue de l'équilibre entre une action : échange d'ions né de déséquilibres physicochimiques, échange dont la vitesse croît très fortement avec la température, et une réaction due à la rigidité des roches solides et des bâtis s'opposant à ces échanges.

Des conclusions, susceptibles d'apporter quelque lumière sur des faits géologiques, peuvent être déduites de ces conceptions.

1° L'analyse chimique ne peut définir, à elle seule, une roche : les conditions dans lesquelles, lors de la formation de la roche en son état actuel, le réseau d'oxygène a pu se former et en particulier la plus ou moins grande latitude qui lui a été laissée d'occuper un volume plus ou moins grand, ont joué un rôle essentiel dans la nature des minéraux formés. Ainsi s'expliquent la fameuse expérience de Fouqué-Michel Lévy sur la synthèse de la minette et l'existence des types hétéromorphes de roches. Il est normal également que, comme l'a constaté Brajnikov, les laves épanchées à l'air libre aient des concentrations en oxygène plus faibles que les roches profondes de même famille.

2° Il est également normal que, dans les roches métamorphiques et profondes, la silice soit sous sa forme cristallline ayant la plus forte concentration en oxygène, qui est le quartz.

3° L'écrasement d'une roche doit tendre à provoquer ou tout au moins à faciliter des échanges d'ions augmentant la concentration en oxygène, ex. : la séricitisation des plagioclases dans le métamorphisme dit régressif, séricitisation accompagnée d'échange d'ions H, K, Na, Ca.

4° Dans le métamorphisme, il est naturel que les minéraux à concentrations d'oxygène relativement faibles, comme les micas, s'accroissent le plus facilement dans la direction où le réseau d'oxygène est lui-même en dilatation,

---

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 976.

c'est-à-dire perpendiculairement à la plus forte pression. Par contre, les minéraux à forte concentration en oxygène, comme andalousite, disthène, zircon, rutile, n'ont point les mêmes raisons de s'orienter de la sorte, ce que montre l'observation.

5° Le développement extensif des feldspaths, à faible concentration en oxygène, ne peut se produire qu'en des zones où les échanges chimiques peuvent être intenses grâce à la température, tandis que le métamorphisme à basse température ne peut guère changer la concentration en oxygène; selon Brajnikov, la concentration en oxygène des roches métamorphiques est forte, comme celle des roches détritiques : zones d'isométamorphisme.

6° Mais, selon la rigidité des bâtis, la feldspathisation ou migmatisation pourra, à température égale, monter plus ou moins haut dans la couverture : granites profonds ou granites éruptifs, inégalités des épaisseurs des zones d'isométamorphisme, etc.

7° De toutes façons, de grandes variations d'ensemble de la concentration en oxygène, qui s'accompagneraient de fortes variations de volume, sont difficilement concevables, ce qui expliquerait la constatation de Brajnikov : il y a compensation dans les roches grenues entre minéraux à concentration inégale et ces roches tendent toutes vers des concentrations voisines en oxygène.

8° Les déformations ou tensions locales faciliteront la feldspathisation et la granitisation ou s'y opposeront, d'où l'existence de zones prédisposées à ces transformations : allure de la propagation en apophyses de la granitisation, naissance de feldspaths isolés ou de taches granitiques, aplitiques ou pegmatitiques à l'intérieur de roches encaissantes.

9° Enfin, les minéraux à forte concentration en oxygène paraissent les plus résistants, toutes choses égales d'ailleurs, aux échanges de cations, parce qu'ils sont moins perméables aux ions lors de la granitisation : subsistance des lits de sillimanite ou de grenats des roches encaissantes dans des apophyses granitiques ou des granites, etc.

Ces différentes remarques sont données à titre d'exemples des développements que l'on peut escompter des études récentes sur les échanges d'ions dans les roches solides et sur la structure des minéraux et des roches.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur une différence essentielle entre les orages magnétiques à début brusque et à début progressif, en ce qui concerne la récurrence de 27 jours.* Note (*) de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons soutenu (1) l'idée d'une différence d'origine entre les orages

(*) Séance du 8 novembre 1948.

(1) Communication au Colloque international de Lyon (septembre 1947). Sous presse, dans une publication du Centre National de la Recherche scientifique consacrée à cette réunion.

magnétiques à début brusque, qui seraient dus au rayonnement corpusculaire des éruptions chromosphériques, et les autres orages, qui seraient dus au rayonnement continu de régions solaires, à durée de vie relativement longue, que J. Bartels a appelées les régions-M. Le plus important de nos arguments est le fait, établi par nous, que les orages à début brusque étudiés statistiquement ne présentent pas du tout la récurrence de 27 jours qui est, au contraire, une propriété bien connue de l'ensemble des orages magnétiques ([2]).

Nous avons repris cette étude de la récurrence en l'étendant beaucoup ([3]). Utilisant encore la méthode des *époques superposées* de Chree ([4]), nous prenons maintenant comme caractère magnétique de chaque jour le caractère C international, et comme événement-origine le début de chaque orage magnétique mondial franc dépassant un seuil donné d'intensité. Les caractères des débuts de 688 orages, ainsi sélectionnés pour la période 1884-1947, ayant été relevés sur tous les magnétogrammes mondiaux que nous avons pu examiner, nous avons trié parmi eux les orages à début brusque net (210 cas) et les orages à début franchement progressif (328 cas). Pour chacun de ces deux groupes, séparément, le travail statistique, qui consiste à déterminer le caractère C moyen de chacun des ensembles de jours antérieurs ou postérieurs de 1, 2, ..., n jours à chacun des jours de début d'orage, a été poussé de $n = -90$ à $n = +90$, sans lacunes. Les courbes de la figure ci-après, qui résument les résultats obtenus, permettent immédiatement les conclusions suivantes :

1° Non-récurrence des orages à début brusque.

La courbe inférieure, relative aux orages à début brusque, ne montre aucun renforcement du caractère C moyen aux jours multiples de 27, avant ou aprés la pointe centrale (jours zéro et $+1$), pointe correspondant à des jours qui sont tous, par définition, jours d'orage notable. Notre conclusion antérieure est ainsi confirmée : *les orages à début brusque ne montrent, dans leur ensemble, aucune tendance à la récurrence.*

2° Récurrence marquée des orages à début progressif.

Au contraire, sur la courbe supérieure relative aux orages à début progressif, les 6 pointes attendues sont indiscutables; elles sont à peu près symétriques par rapport à la pointe centrale et d'amplitude décroissante à partir de celle-ci. La période moyenne de récurrence qu'elles définissent est très voisine de 27,0 jours. Cette courbe, établie à partir d'une statistique

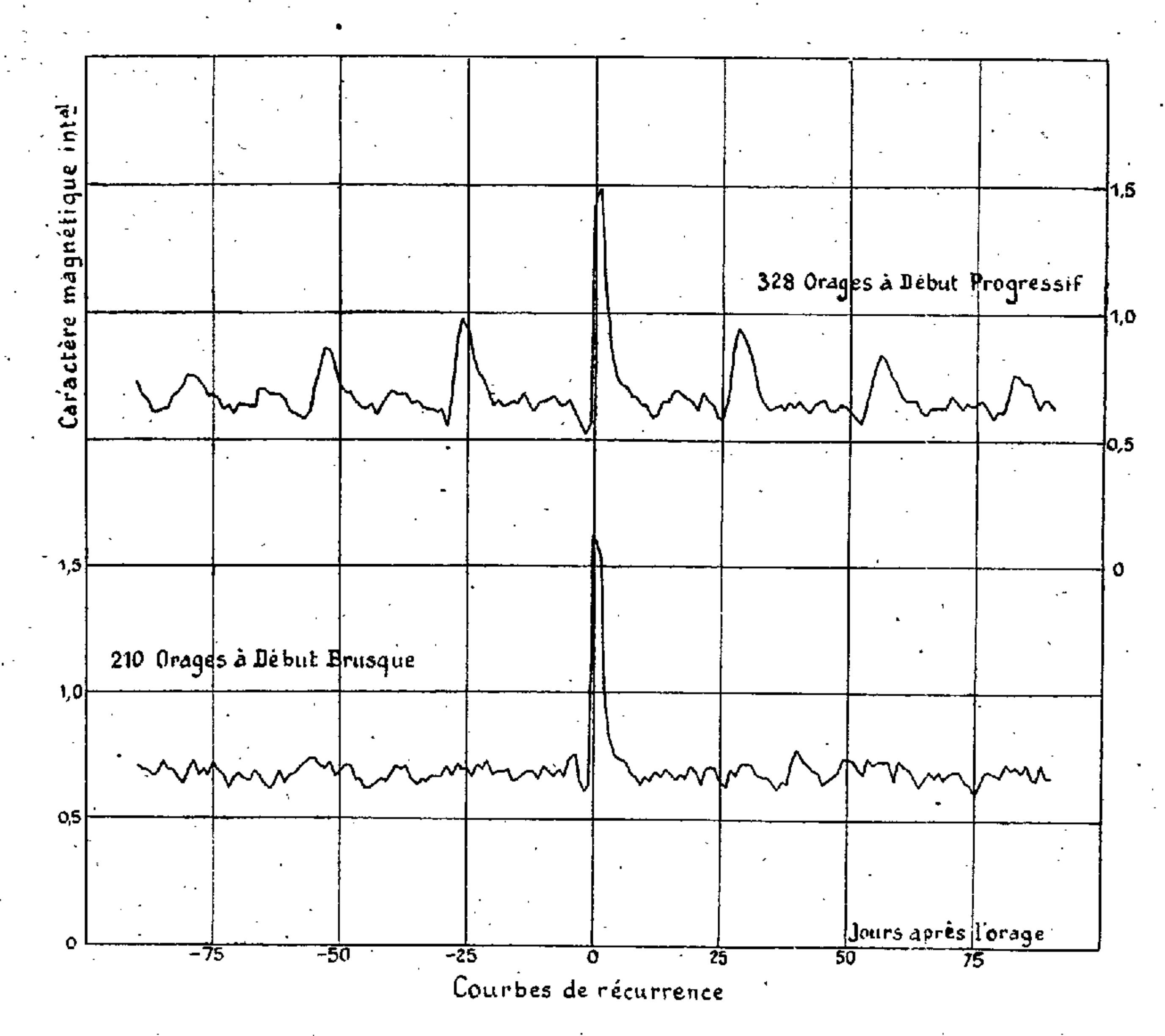
---

([2]) Ch. Maurain, *Magnétisme et Électricité terrestres*, fasc. 1 (*Actualités scientifiques et industrielles*, n° 287, Paris).

([3]) Les premiers résultats de ce travail ont été présentés au récent Congrès de l'Union géodésique et géophysique internationale (Oslo, août 1948, Section de Magnétisme et Électricité terrestres).

([4]) S. Chapman et J. Bartels, *Geomagnetism* (*Oxford University press*; 1940, Chap. XII, p. 396-416).

étendue et sur des faits à l'échelle mondiale, présente, pour la première fois, le phénomène de récurrence non atténué par l'effet des orages à début brusque non récurrents de nature.



Courbes de récurrence

Remarques. — 1. En classant d'après leur intensité les 688 orages catalogués, on s'aperçoit que les plus intenses appartiennent tous à la liste des orages à début brusque net. Le premier des orages à début progressif est au 24ᵉ rang dans la liste générale et le suivant au 38ᵉ rang seulement; ce sont déjà des orages faibles. Cette différence considérable entre les intensités maxima des deux types d'orages établit entre eux une nouvelle distinction.

2. L'observation classique de Greaves et Newton ([5]) sur la non-récurrence des orages les plus intenses, trouve une explication évidente dans les faits qui précèdent.

ZOOLOGIE. — *La glande pylorique de* Diplosoma gelatinosum *Milne-Edwards.* Note (*) de M. **Georges Fouque**, présentée par M. Louis Fage.

Malgré les recherches de nombreux auteurs, il est évident que la structure et le rôle de la glande pylorique des Tuniciers sont restés relativement mysté-

([5]) *Mont. Not. Roy. Astr. Soc.*, 89, 1929, p. 641-646.

(*) Séance du 8 novembre 1948.

rieux. Si les auteurs les plus récents s'accordent en général à lui assigner une fonction excrétrice, il n'en reste pas moins que l'anatomie et l'histologie de cet organe sont encore fort mal connues.

Il apparaît donc nécessaire avant d'étudier la physiologie et l'histophysiologie de la glande pylorique d'en étudier avec précision la structure anatomique et histologique. C'est ce à quoi nous nous sommes appliqué sur l'ensemble de la classe des *Ascidiacea* depuis 1947. Nous apporterons, dans le travail d'ensemble que nous préparons sur ce sujet, une mise au point aussi complète que possible de la topographie et de la structure de la glande pylorique.

D'une manière générale, tant d'après les auteurs que d'après nos propres recherches, on peut dire que la glande pylorique est formée par un ensemble de tubes ramifiés, parfois anastomosés, s'étendant sur l'intestin moyen et le rectum, et débouchant dans le tube digestif, au niveau du pylore, par un orifice ou plusieurs orifices contigus.

Dans la famille des *Didemnidæ*, il apparaît, en première analyse, d'après les rares renseignements qu'on trouve dans les publications : Lahille [1] chez *Polysyncraton Lacazei* Giard, et Harant [2] chez *Polysyncraton Lacazei* Giard et *Didemnum Grassei* Harant, que l'organisation de la glande pylorique est conforme à ce schéma général. Il n'en est sans doute pas de même à notre sens chez tous les *Didemnidæ*.

Chez *Diplosoma gelatinosum*, Milne-Edwards (*forma typica*), la glande pylorique nous a montré en effet une structure tout à fait particulière (*fig.* 1). La partie principale de la glande est constituée par une volumineuse vésicule située dans l'anse intestinale et masquée par les testicules. Cette vésicule est limitée par un épithélium extrêmement aplati, à noyaux espacés, présentant sur le vivant quelques inclusions sphériques inégales, un peu réfringentes et rétives aux colorations vitales (*fig.* 2). Sur coupes, les noyaux apparaissent médiocrement chromatiques, pourvus d'un petit nucléole, et le cytoplasme, très clair, est incolorable ou faiblement acidophile. La lumière de la vésicule renferme une sécrétion sans doute colloïdale, apparaissant sur coupe sous forme d'un coagulum. Sur le vivant, le liquide renfermé dans la vésicule pylorique se colore vitalement en rose vif par le rouge neutre, ce qui est l'indice d'un pH acide, et en bleu vert par le sulfate de bleu de Nil. Ces réactions vis-à-vis des colorants vitaux sont identiques à celles que nous avons trouvées dans la glande pylorique chez toutes les autres Ascidies étudiées. De la vésicule se détache un canal, qui, plus ou moins près de son origine, se bifurque en deux troncs. L'un de ceux-ci se dirige vers l'estomac et s'ouvre dans celui-ci au voisinage de son extrémité postérieure. L'autre se dirige vers le rectum et se termine en cul-de-

(1) *Thèse*, Paris, 1890, p. 133.

(2) *Ann. Inst. Oc.*, Paris, 8, 1931, p. 283.

sac le long de sa paroi. L'épithélium du canal stomacal et du tube aveugle présente les mêmes caractéristiques cytologiques que l'épithélium de la vési-

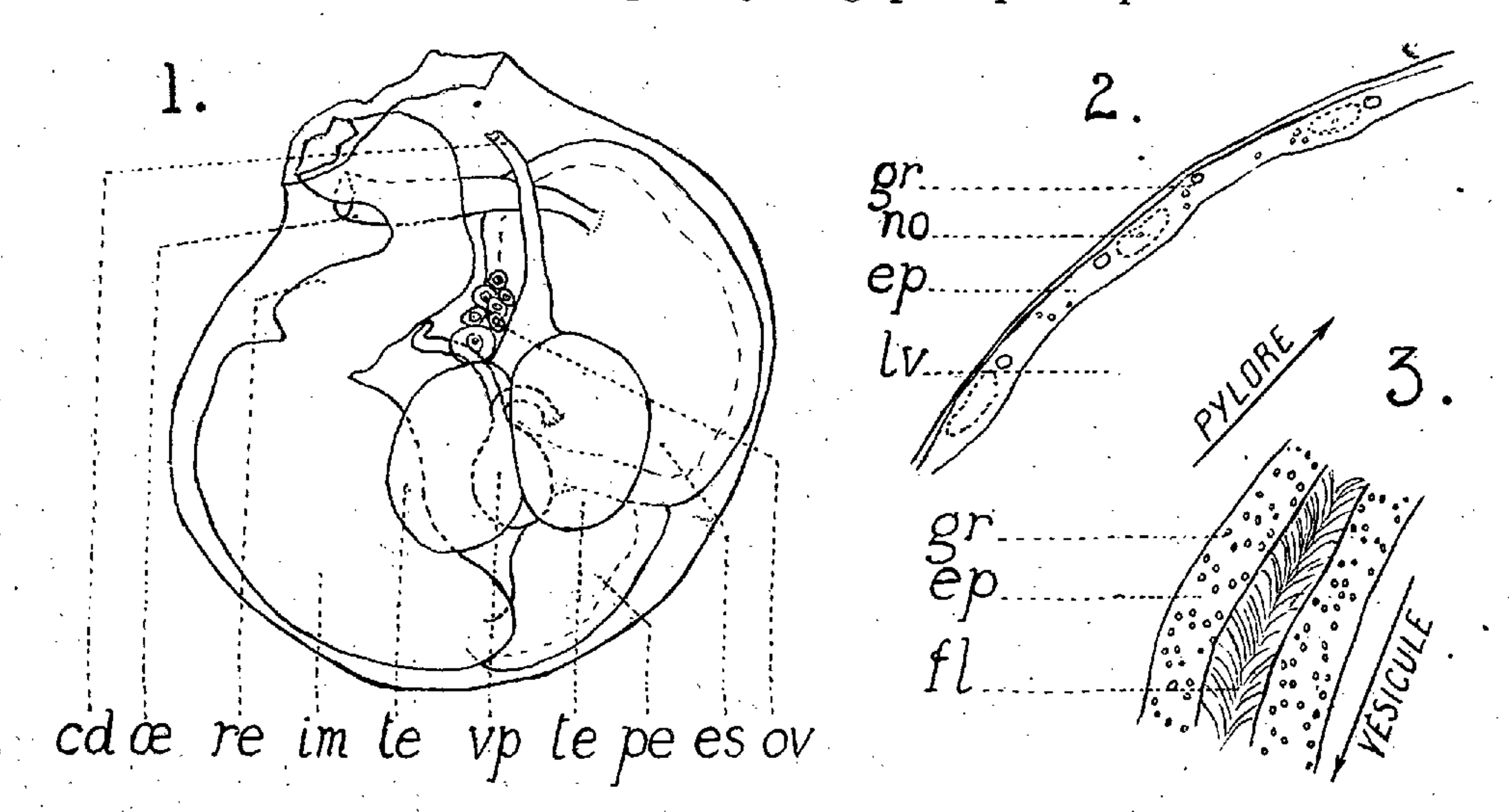


Fig. 1. — Abdomen de *Diplosoma gelatinosum*, vu par transparence à l'état vivant. *cd*, canal déférent; *es*, estomac; *im*, intestin moyen; *œ*, œsophage; *ov*, ovaire; *pe*, post-estomac; *re*, rectum; *te*, testicule; *vp*, vésicule pylorique; on voit le canal collecteur et ses deux troncs. (× 100.)

Fig. 2. — Épithélium de la vésicule pylorique, à l'état vivant. *ep*, épithélium; *gr*, granulation réfringente; *lv*, liquide vésiculaire; *no*, noyau. (× 1010.)

Fig. 3. — Canal de la glande pylorique, à l'état vivant. *ep*, épithélium; *fl*, flagelles; *gr*, granulation réfringente. (× 600.)

cule, à ceci près que les cellules, au lieu d'être aplaties, sont cubiques. De plus, les cellules du canal stomacal et sans doute celles de la partie proximale du tubule rectal présentent sur le vivant une bordure ciliaire dense, formée de cils longs qui, chose curieuse, entretiennent un courant dirigé vers la vésicule. Sur coupes, les cils sont très malaisés à retrouver, il y a là d'ailleurs une difficulté sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir à propos de la structure de la glande pylorique d'autres espèces. Il apparaît en effet que d'une manière générale les cils ou flagelles des formations pyloriques sont extrêmement fragiles, et qu'il faut avoir recours à de nombreux recoupements avant de conclure si l'on est en présence de cils ou de tractus cytoplasmiques.

Cette disposition particulière de la glande pylorique de *Diplosoma gelatinosum* paraît sans analogue chez les autres *Ascidiacea*. Des recherches ultérieures viseront à montrer si la vésicule pylorique de *Diplosoma gelatinosum* est homologue de la dilatation ampullaire décrite par Lahille, chez *Distaplia*, sur le canal collecteur de la glande pylorique.

La structure remarquable de l'organe pylorique de *Diplosoma gelatinosum*, forme qui présente, dans la famille des *Didemnidæ* un ensemble de caractères assez primitifs, permet de se demander si la glande pylorique classique des

Ascidiacea ne serait pas une formation secondairement apparue sur un organe ancestral représenté par la vésicule du *Diplosoma*, et ayant supplanté celui-ci dans la fonction qu'il jouait, fonction que nous nous proposons d'élucider. Dans cet esprit, l'étude comparée de l'organe pylorique des *Polycitoridæ* et des *Didemnidæ* est dès maintenant entreprise et fera l'objet d'une prochaine Note.

CYTOLOGIE. — *L'action des cancérigènes sur le chondriome et le nucléole de la cellule vivante.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les résultats de recherches antérieures ([1]) ont montré que la qualité que possèdent les substances cancérigènes de diminuer la respiration cellulaire constitue une des causes du pouvoir cancérigène. On sait, d'autre part ([2]), le rôle fondamental que joue le chondriome dans la respiration cellulaire. L'intervention des cancérigènes dans la respiration se manifeste-t-elle dans le comportement du chondriome? Nous avons repris les expériences faites sur la glande salivaire de la larve de Chironome avec une technique analogue à celle déjà décrite ([1]), mais en utilisant des milieux sucrés : Ringer glucosé (glucose 1/100), Ringer lévulosé (lévulose 0,5/100), car la présence du sucre favorise l'action du cancérigène ([3]). Nous utilisons des leucodérivés qui permettent de suivre, avec précision, le comportement des chondriosomes. Dans chaque expérience, les deux glandes comparées sont prises sur le même individu.

Milieux.	Cancérigènes.		Leucodérivés.
Ringer glucosé........	Benzopyrène	0,5/10000, 30 minutes	Bleu de toluylène
»	»	1/10000, 15 »	» méthylène
»	»	2/10000, 8 »	Violet de crésyl
»	»	0,5/10000, 30 »	Phénosafranine
»	»	1/10000, 15 »	»
»	»	2/10000, 8 »	»
Ringer lévulosé.......	»	0,5/10000, 20 »	»
Ringer................	méthylcholanthrène	1/50000, 20 minutes	Rouge neutre
»	»	1/5000, 10 »	Thionine
»	styryl 430	1/20000, 20 »	Vert Janus

Dans tous les cas étudiés, l'action du cancérigène diminue le pouvoir d'oxydation du chondriome, car les chondriosomes des cellules traitées par le cancérigène sont nettement moins colorés que ceux des cellules de la glande symétrique non traitée. D'autre part, l'aspect du chondriome des cellules

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 494; 221, 1945, p. 514.
([2]) Ph. Joyet-Lavergne, *Rev. géné. Sci. pures et appl.*, 49, 1938, p. 45.
([3]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 822.

traitées est modifié : 1° il paraît être moins abondant, mais ce fait est probablement dû à la coloration plus faible des chondriosomes; 2° les chondriocontes semblent être devenus plus courts. Il est possible qu'ici nous assistions à une véritable transformation morphologique, première étape du changement des chondriocontes en mitochondries, car, dans la cellule cancéreuse, les chondriosomes deviennent plus petits ([4]).

L'action des cancérigènes présente un caractère général. Elle se manifeste sur le chondriome des cellules végétales. En Ringer glucosé, le benzopyrène à 4/10000, agissant dix minutes sur les poils absorbants d'une jeune racine d'Orge, diminue nettement le pouvoir d'oxydation des chondriosomes (expériences avec les leucodérivés du bleu de toluylène et de la thionine). Il est très important de noter que, dans toutes nos expériences, chaque fois que la cellule étudiée présente un nucléole, le pouvoir d'oxydation du nucléole est aussi fortement diminué par l'action du cancérigène que celui des chondriosomes.

M. Laccassagne a mis en évidence le pouvoir cancérigène de la folliculine. Nous avons montré, dans des recherches antérieures ([5]), que la folliculine, à doses convenables (de 1/400000 à 1/300000), possède précisément la qualité de diminuer à la fois le pouvoir oxydant du chondriome et le pouvoir oxydant du nucléole. L'action de cette hormone sur ces deux constituants cellulaires semble légèrement plus faible, mais elle est du même ordre de grandeur que celle des cancérigènes étudiés ci-dessus. C'est à cette action que nous rattachons l'existence du pouvoir cancérigène de la folliculine.

Conclusions. — La cellule vivante présente deux constituants morphologiques particulièrement sensibles à l'action des substances cancérigènes : le chondriome et le nucléole. Agissant à doses convenables sur la cellule, un cancérigène diminue rapidement le pouvoir de catalyse d'oxydation de ces deux constituants.

ANTHROPOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Résultats obtenus chez des sujets de race noire soumis à l'ingestion de sels de potassium après injection de désoxycorticostérone.* Note (*) de Mme **Jeanne Leschi**, transmise par M. Léon Binet.

L'ingestion de sels de potassium administrés suivant la technique de Zwemer et Truskowski ([1]) entraîne, comme nous l'avons montré ([2]), une élévation rapide du taux de la kaliémie chez les sujets de race noire. Le potassium plas-

([4]) W. H. Lewis, *Sciences*, **81**, 1935, p. 545.
([5]) Ph. Joyet-Lalergne, *Biologie médicale*, **31**, 1941, p. 162.

(*) Séance du 27 octobre 1948.
([1]) *Proc. Soc. Exp. Biol. et Méd.*, **35**, 1936, p. 424.
([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1023-1024.

matique peut atteindre, 20 minutes après l'ingestion, une valeur supérieure de 20 à 30 % à sa valeur initiale et retourne à la normale au bout d'une heure environ. Chez les Blancs nous n'avons jamais une telle augmentation.

Suivant l'hypothèse d'après laquelle une différence dans le fonctionnement surrénalien serait responsable de la différence de réaction à l'ingestion de sels de potassium entre races mélanodermes et leucodermes, nous avons poursuivi nos recherches en soumettant les Noirs examinés à des injections préalables de syncortyl, l'injection intramusculaire étant immédiatement suivie de la prise de potassium.

L'examen a eu lieu le matin, à jeûn, sur des sujets adultes, tous du sexe masculin et en bonne santé. Nous avons éliminé les Peuls que l'on ne peut considérer comme des Noirs.

Avant d'étudier l'action simultanée K + *désoxycorticostérone* nous avons recherché si l'hormone synthétique seule faisait varier le taux de la kaliémie. Nous avons donc injecté ce produit à la dose de 10^{mg} et de 20^{mg} à trois sujets : un Ouolof, un Sérère, un Bambara, et cherché s'il y avait en fonction du temps, diminution de potassium plasmatique. Au bout de 15 à 30 minutes nous n'avons trouvé aucune baisse. Le taux de kaliémie restait le même.

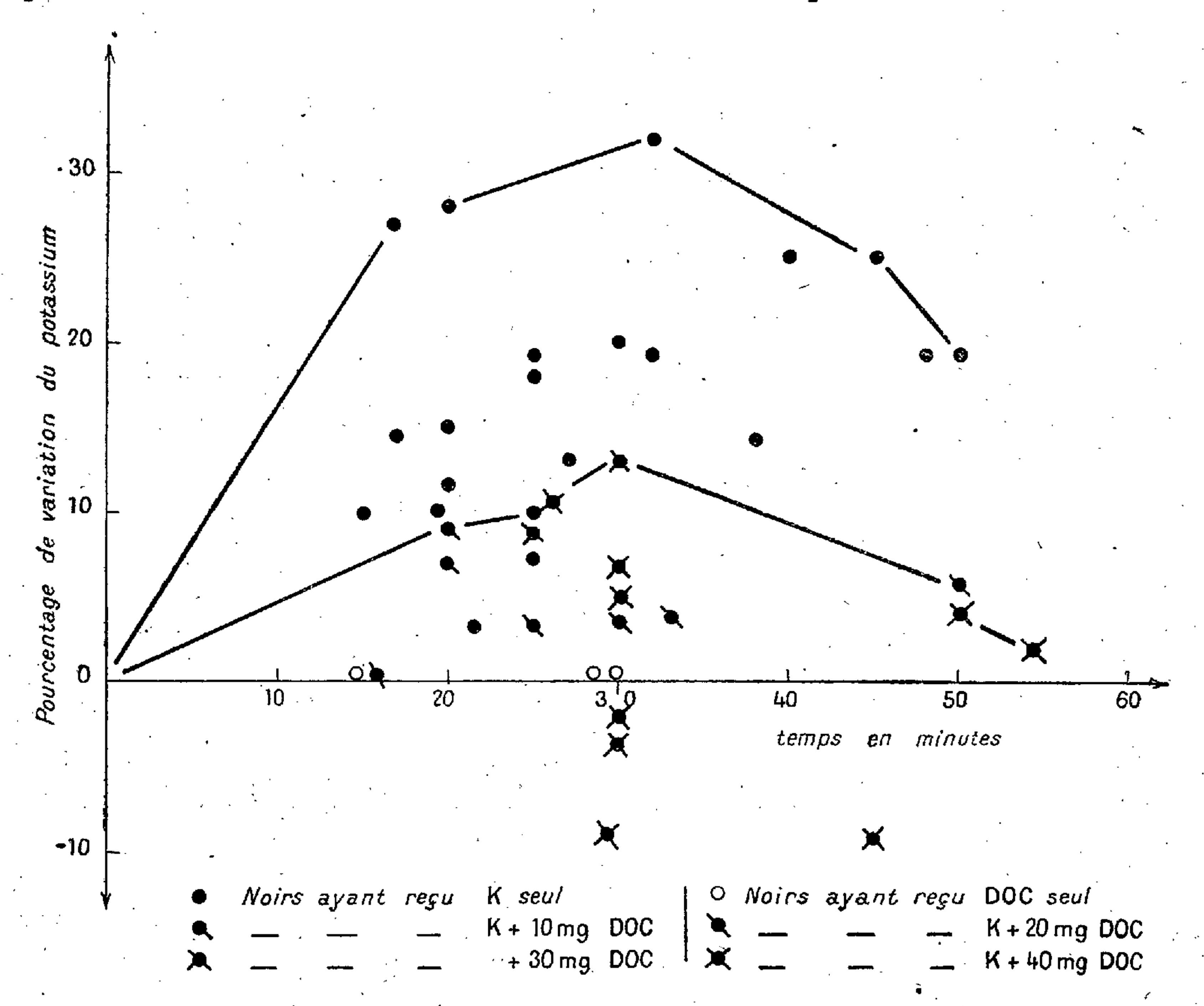
Le Ouolof fut ensuite soumis à cinq injections réparties en onze jours et représentant un total de 60^{mg} de désoxycorticostérone. Son potassium est passé de $0^{g},296$ par litre à $0^{g},281$, soit une diminution de 5 %, ce qui n'est pratiquement pas significatif.

Après avoir renouvelé et confirmé nos expériences antérieures ([2]) avec les sels de potassium seuls, nous avons alors fait agir ensemble potassium et désoxycorticostérone sur des sujets dont la majorité était Bambara. Les doses de désoxycorticostérone employées ont été de 10, 20, 30 et 40^{mg}, quantités très bien supportées.

Nous avons fait les prises de sang à des intervalles différents durant l'heure qui a suivi l'administration des produits, une première prise ayant été faite comme d'habitude avant tout traitement. Les résultats obtenus sont résumés sur le graphique ci-après.

De ce graphique nous dégagerons provisoirement les faits suivants : d'une part, l'aire occupée par les valeurs, en fonction du temps, du taux du potassium des Noirs ayant reçu *désoxycorticostérone* + K se situe à la base du triangle représentant l'aire des Noirs n'ayant reçu que du potassium. Son sommet représente la variation de 13 % d'augmentation, variation ayant lieu au bout de 30 minutes. Or le maximum de l'aire des Noirs non soumis à la désoxycorticostérone représente 32 % d'augmentation, celle-ci se produisant en un temps à peu près égal, soit 32 minutes. D'autre part nous observons des diminutions du taux de la kaliémie. Ces diminutions peuvent atteindre 9 %, ceci pour des individus ayant reçu en même temps que le potassium la dose de 40^{mg} de désoxycorticostérone, et seulement pour eux. Il est donc évident

que l'administration de syncortyl freine ou empêche l'élévation de la kaliémie qui se manifeste chez le Noir dans les conditions expérimentales où nous nous



sommes placé. Ce résultat est favorable à l'hypothèse qui relie cette élévation de la kaliémie à une insuffisance de réaction de la corticosurrénale à l'ingestion de sels de potassium.

Tant d'un point de vue biologique général que d'un point de vue thérapeutique, il serait intéressant de poursuivre chez l'Homme l'action de la désoxycorticostérone seule, de voir, et chez les Noirs et chez les Blancs, si le potassium plasmatique de ces deux grandes races présente, dans ses réponses à l'action d'une hormone, des variabilités de vitesse et d'intensité. C'est ce que nous nous proposons de faire.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Détermination du stade auquel se produit le déclenchement de la diapause chez un hémiptère :* Eurydema ornatum *L.* Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Emile Roubaud.

En élevant la Punaise du Chou *E. ornatum* à une température élevée, il est possible d'obtenir des lignées se reproduisant d'une manière ininterrompue.

Un mâle et une femelle appartenant à la seconde génération d'un couple ayant hiverné en plein air, en 1944-45, ont été placés dans une étuve réglée à la température de 28°. La première ponte a été observée le 25 octobre et 10 générations se sont succédé, du 25 octobre 1945 à la fin de juillet 1946; une coupure de courant électrique a fait tomber, les 7 et 8 août, la température des étuves de 28° à 20°. A cette date les insectes de la 11e génération étaient au 3e stade larvaire; leur croissance a repris normalement et la durée totale de leur développement a été très faiblement augmentée; cependant cette chute de température de 8°, pendant seulement 48 heures, a permis à la diapause imaginale de se manifester, pour la totalité des insectes.

Nous nous sommes attaché à rechercher si la diapause se produisait dans le cas où un abaissement de la température, même plus marqué, était appliqué à des insectes provenant d'une lignée élevée depuis plusieurs générations à la température constante de 28° et devenus adultes depuis moins de 72 heures.

Les descendants des punaises récoltées, en plein air, au début du mois de juillet 1946, ont été soumis au froid ; la rupture de la diapause a été obtenue sans difficulté; les insectes ont été élevés à la température constante de 28° et les générations se sont succédé d'une manière ininterrompue; les adultes provenant de la 9e génération ont été placés, à dater du 17 février 1948, pendant 4 jours à la température de 24°, 4 jours à 20°, 4 jours à 12°, 8 jours à 4°, 4 jours à 20°, 4 jours à 24° et ensuite à 28°; sur les 10 couples utilisés pour l'expérience, six sont morts pendant le séjour aux basses températures, les quatre autres se sont accouplés; l'un, moins de 24 heures après le transfert de 12° à 20° et les trois autres, à la température de 24° ; la première ponte a eu lieu quatre jours plus tard.

Cette expérience montre qu'en ce qui concerne *E. ornatum*, un élevage poursuivi pendant dix générations consécutives ne permet pas de réaliser le passage de l'hétérodynamie à l'homodynamie, puisqu'un séjour de larves au troisième stade, pendant 48 heures, à la température de 20° C., permet le déclenchement de la diapause; par contre, des températures beaucoup plus basses appliquées à de jeunes adultes appartenant à la neuvième génération n'amènent qu'une *pseudo-diapause* (1), c'est-à-dire un ralentissement temporaire d'activité ne dépendant que de l'insuffisance thermique du moment; cela est dû à ce que les ovaires des femelles avaient déjà commencé à se développer au moment du transfert des insectes aux températures inférieures à 28°. D'autres expériences ont montré que la Punaise du Chou peut se reproduire d'une manière continue à la température de 24° C.

Ces résultats permettent de supposer qu'il existe, au cours de la croissance de l'insecte, une ou plusieurs *périodes critiques* (2), en l'occurence le troisième

(1) E. Roubaud, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 324.
(2) L. Bonnemaison, *Ann. des Épiphyties*, 1945, p. 19.

stade larvaire, durant lesquelles l'animal est particulièrement sensible à l'action de facteurs abiotiques, l'influence de ces agents pouvant d'ailleurs n'être perceptible que beaucoup plus tard.

HYDROBIOLOGIE. — *Le plancton dans le lac Léman et ses facteurs de répartition.* Note (*) de M[lle] **Maud Nisbet** et M. **Bernard Dussart**, présentée par M. Louis Fage.

Dans les lacs, le plancton pélagique présente une répartition horizontale qu'il est utile de connaître, puisqu'il sert de base à la nourriture de nombreuses espèces de poissons. Cette répartition est fonction de nombreux facteurs et les plus importants sont évidemment les facteurs limitants, c'est-à-dire ceux qui, par leur présence en faible quantité, limitent la production de matière vivante. Utilisés en totalité au fur et à mesure de leur entrée dans le cycle du *métabolisme lacustre* (Strøm) (¹), ils régissent la production et la répartition du plancton, et partant, celle du poisson.

Un des facteurs limitants semble être constitué par les phosphates. Gessner (²) est formel à ce sujet, et dit que « la faible solubilité du phosphate tricalcique en présence de carbonate de calcium est un fait d'une importance capitale en hydrobiologie ». Dans le Léman, la teneur en phosphates étant très faible, il était à prévoir que le plancton se concentrerait aux lieux où ces phosphates se trouvaient en plus grande quantité. Strøm (¹) montre que, d'une manière générale, les phosphates ne sont fournis que par les affluents.

Recherchant quel pouvait être l'action du Rhône sur la répartition des sels nutritifs dans les couches superficielles du lac, l'été, nous avons procédé simultanément à quelques prises de plancton et à des dosages de phosphates à diverses profondeurs.

Les 17 prises de plancton ont été effectuées verticalement de 30 à 0^{m} avec un filet à mailles n° 20. Leur volume a été déterminé après une demi-heure de tassement libre dans une éprouvette graduée de 10^{cm^3}, et 3 minutes après un mouvement de rotation imprimé à celle-ci. Les résultats ne sont que relatifs, mais nous n'avons cherché que des termes de comparaison.

Les phosphates ont été dosés par la méthode de Denigès à 0, 5, 10, 15, 20 et 30^{m}; en chaque point, les résultats ont été totalisés et comparés aux prises de plancton. Voici les chiffres obtenus :

Le tableau ci-dessous montre que, à part les points 10, 11, 12 et 15, il y a parallélisme entre les variations de teneur en phosphates et celles, quantitatives, du plancton (voir les courbes ci-jointes). Or, les points qui font exception,

(*) Séance du 3 novembre 1948.

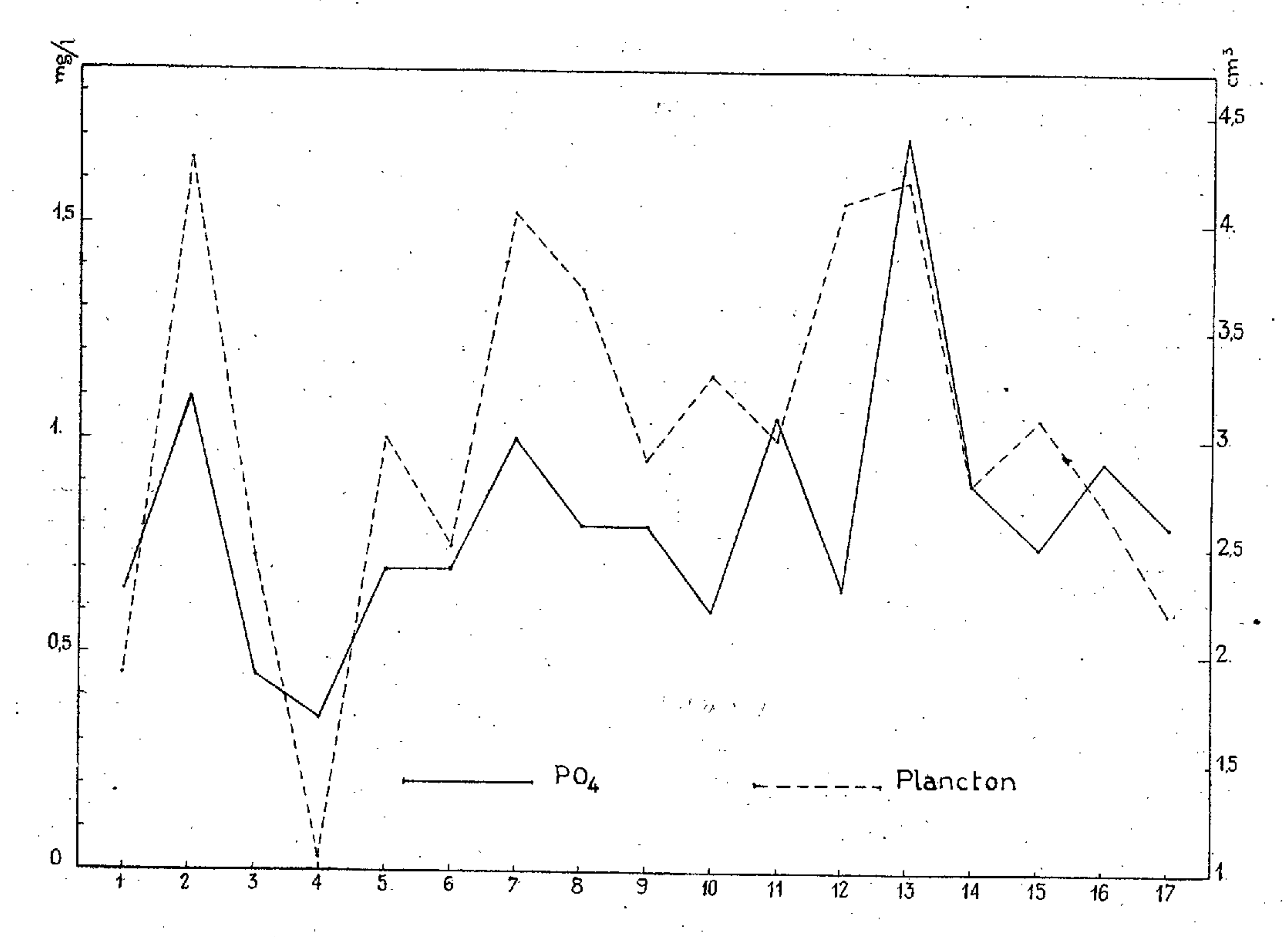
(¹) *Blyttia*, 4, 1947, p. 78-80, Oslo.

(²) *Inter. Rev. ges. Hydrob. u. Hydrog.*, 38, 1939, p. 203-211.

Nos des stations.	PO_4 mg/l.	Plancton.	Nos des stations.	PO_4 mg/l.	Plancton.
1	0,65	1,9	9	0,8	2,9
2	1,1	4,3	10	0,6	3,3
3	0,45	2,45	11	1,05	3,0
4(*)	0,35	1,05	12	0,65	4,1
5	0,7	3,0	13	1,7	4,2
6	0,7	2,5	14	0,9	2,8
7	1,0	4,05	15	0,75	3,1
8	0,8	3,7	16	0,95	2,7

(*) Le fond étant à 17m,5 en cet endroit, les résultats ne comprennent que la couche 15-0m d'eau.

sont justement ceux qui sont perturbés par le Rhône, des mesures de conductivité électrique ayant montré que les eaux provenant de cet affluent du lac s'étalent en direction du Nord-Ouest jusqu'en face de Saint-Gingolph, entre 15 et 20m de profondeur (4). Si donc, on ne prend en considération que les points où les eaux du lac sont en équilibre stable, phosphates et plancton dépendent



l'un de l'autre. Au contraire, là où le lac est perturbé par des eaux glaciaires, fort peu riches en phosphates, à de faibles teneurs en phosphates correspondent des quantités de plancton relativement plus importantes que la normale, et

(4) B. Dussart, *Ann. St. Centr. Hydrob. appl.*, 2, 1947, p. 185-204 (sous presse).

inversement (sauf juste face au Rhône où entre en jeu un facteur supplémentaire important : le courant).

Est-ce à dire que dans ces eaux à caractère fluvial, individualisées en plein lac, le facteur minimum ne serait pas constitué par les phosphates? Des recherches ultérieures tendront à élucider le problème.

HYDROBIOLOGIE. — *La vitesse du courant et la répartition des larves d'Éphémères*. Note de Mlle **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une précédente Note [1] j'ai examiné les relations entre la teneur en oxygène dissous et la répartition des larves d'Éphémères. J'ai constaté que, dans certains cas, un rhéotropisme positif, plus ou moins marqué selon les espèces, pouvait dominer le facteur oxygène dissous. Cette constatation m'a conduite à faire des mesures de la vitesse du courant. Ces mesures ont été faites, à l'aide du tube de Pitot, dans les stations où j'avais précédemment dosé l'oxygène dissous. Il s'agit de torrents de la région du Mont-Dore, principalement de la Couze Pavin, depuis sa source jusqu'à son confluent avec l'Allier, et d'une portion de l'Allier dans la région d'Issoire (Puy-de-Dôme). Voici quelques stations types :

Station à *Bætis alpinus* Pict., exclusivement : vitesse du courant en pleine eau, $0^m,63$ à $0^m,70$ par seconde; sous le bord des pierres où vivent les larves, $0^m,31$ à $0^m,44$ par seconde.

Station à *Epeorus torrentium* Eat. et à *Bætis alpinus* Pict. : courant de $1^m,65$ en pleine eau et de $0^m,37$ à $0^m,42$ sous le bord des pierres.

Station à *Bætis pumilus* Burm. et à *Ephemerella ignita* Poda : courant de $0^m,66$ à $0^m,70$ par seconde dans les touffes de Renoncules où vivent les larves, de $1^m,10$ à $1^m,45$ à côté des touffes.

Station à *Bætis alpinus* Pict., *B. pumilus* Burm., et *Ecdyonurus venosus* Fabr., courant de $0^m,46$ à $1^m,43$ par seconde en pleine eau; de $0^m,31$ à $0^m,44$ sous le bord des pierres.

Station à *Bætis alpinus* Pict., *B. pumilus* Burm., et *Ephemerella ignita* Poda : courant de $0^m,49$ par seconde dans les touffes de Renoncules et de Potamots où vivent les larves; de $0^m,63$ à $0^m,70$ à côté des touffes.

J'ai noté pour chaque station la proportion des diverses espèces. Je donnerai ultérieurement le détail de ces relevés. En voici quelques types :

Dans la Couze Pavin, près d'Issoire :

Vitesse de courant, pleine eau, $0^m,54$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,31$; 5 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 3 *Oligoneuriella rhenana* Imhoff, 15 *Bætis pumilus* Burm., 12 *Ephemerella ignita* Poda.

Vitesse du courant, pleine eau, $0^m,89$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,38$; 12 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 1 *Oligoneuriella rhenana* Imhoff, 22 *Bætis pumilus* Burm., 2 *Ephemerella ignita* Poda.

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1548.

Vitesse de courant, pleine eau, $0^m,32$ à $0^m,38$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,25$; 15 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 2 *Bætis pumilus* Burm., 3 *Ephemerella ignita* Poda, 1 *Choroterpes Picteti* Eat.

Vitesse du courant, $0^m,48$ à $0^m,61$ par seconde en pleine eau; $0^m,31$ sous le bord des pierres, 5 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 13 *Bætis pumilus* Burm., 3 *Ephemerella ignita* Poda.

Diverses portions de l'Allier, dans la région d'Issoire :

En amont du pont d'Orbeil, vitesse du courant, pleine eau, $0^m,54$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,31$ à $0^m,38$; 23 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 12 *Potamanthus luteus* L., 11 *Choroterpes Picteti* Eat., 3 *Ephemerella ignita* Poda.

En aval du même pont, vitesse du courant, en pleine eau, $1^m,67$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,54$; 11 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 1 *Potamanthus luteus* L., 9 *Choroterpes Picteti* Eat., 1 *Ephemerella ignita* Poda, 9 *Bætis pumilus* Burm.

Au pont de Blot : vitesse du courant en pleine eau, $0^m,87$ par seconde; sous le bord des pierres, $0^m,43$; 3 *Ecdyonurus venosus* Fabr., 1 *Potamanthus luteus* L., 3 *Bætis pumilus* Burm.

Si l'on approche les vitesses du courant de ces différentes stations des teneurs en oxygène dissous que j'ai indiquées, pour les mêmes stations, dans ma précédente Note, l'hypothèse que j'avais exprimée se trouve confirmée, le facteur rhéotropisme, conditionné par la vitesse du courant, peut dominer, notamment pour les *Epeorus* et les *Bætis*, le facteur oxygène dissous.

Il apparaît aussi que des formes typiquement torrenticoles, tels les *Ecdyonurus*, vivent dans des courants relativement faibles, avec des formes généralement considérées comme habitant les eaux calmes ou à courant presque nul, tels les *Potamanthus* et les *Choroterpes*. Enfin, dans les zones à courant rapide, les formes typiquement nageuses (groupe des *Bætis*) sont plus nombreuses que les formes torrenticoles (*Epeorus* et *Ecdyonurus*). Ces constatations s'accordent parfaitement avec les observations récentes de A. Dorier et F. Vaillant (²) sur la répartition des Invertébrés rhéophiles et la vitesse du courant de cours d'eau du Dauphiné.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques de l'alanine, de la valine, de la leucine et de l'isoleucine comme source d'azote pour diverses bactéries.* Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Joseph Magrou.

Comme suite à une précédente Note relative à l'utilisation comme source de carbone (¹) des amino-acides précités, voici les résultats obtenus avec ces corps, dans les mêmes conditions expérimentales, comme source d'azote.

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1222.

(¹) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 161.

Espèces bactériennes.	Alanine. $l(+)$.	Alanine. $l(-)$.	Valine. $l(+)$.	Valine. $l(-)$.	Leucine. $l(-)$.	Leucine. $l(+)$.	Isoleucine. $l(+)$.	Isoleucine. $l(-)$.
1. Typhi murium...	+ 72	+ 72	+312	–	+144	–	+144	–
2. E. Coli..........	+ 96	+ 48	+336	–	+ 72	–	+144	–
3. Gärtner.........	+216	+120	+120×	–	+240	+336×	+264×	–
4. Paratyphique B..	+216	+120	+120×	–	+ 96	–	+168	–
5. Pyocyanique.....	+ 96	+ 96	+ 96	+168	+120	–	+120	–
6. Friedländer......	+ 24	+ 24	+144	+192×	+ 72	–	+144	–
7. Subtilis.........	o	o	o	o	o	o	o	o
8. Protéus.........	+ 72	+ 48×	+ 48×	–	+ 48	+168×	+ 96×	–
9. Morgan II.......	+240	–	–	–	+120	–	–	–
10. Morgan I........	+ 96×	+ 96×	+168	–	+192	–	–	–
11. Paratyphique A...	+216×	+168	–	–	+192	–	–	–
12. Eberth..........	+120×	+264	–	–	+168	–	–	–
13. Flexner.........	+192	+288	+288×	–	+192	–	+240×	–
14. Shiga...........	+216	+ 96	+168	–	+240	–	+240	–

Nota. — + indique une croissance totale et le chiffre placé à droite, le nombre d'heures pour l'atteindre. — indique qu'il n'a pas été constaté de croissance. o indique qu'il n'y a pas eu d'expérience réalisée dans ce cas × indique une croissance totale inférieure à celle du témoin.
Dans chaque colonne, l'antipode naturel est inscrit en premier.

1° 13 espèces utilisent $l(+)$ alanine, 13 $l(-)$ leucine, 12 $l(-)$ alanine, 10 $l(+)$ valine, 9 $l(+)$ isoleucine, 2 $l(-)$ valine, 2 $l(+)$ leucine, 0 $l(-)$ isoleucine.

Pour un même corps l'antipode naturel est accepté par un plus grand nombre d'espèces. Courbes indiquant l'allure du phénomène :

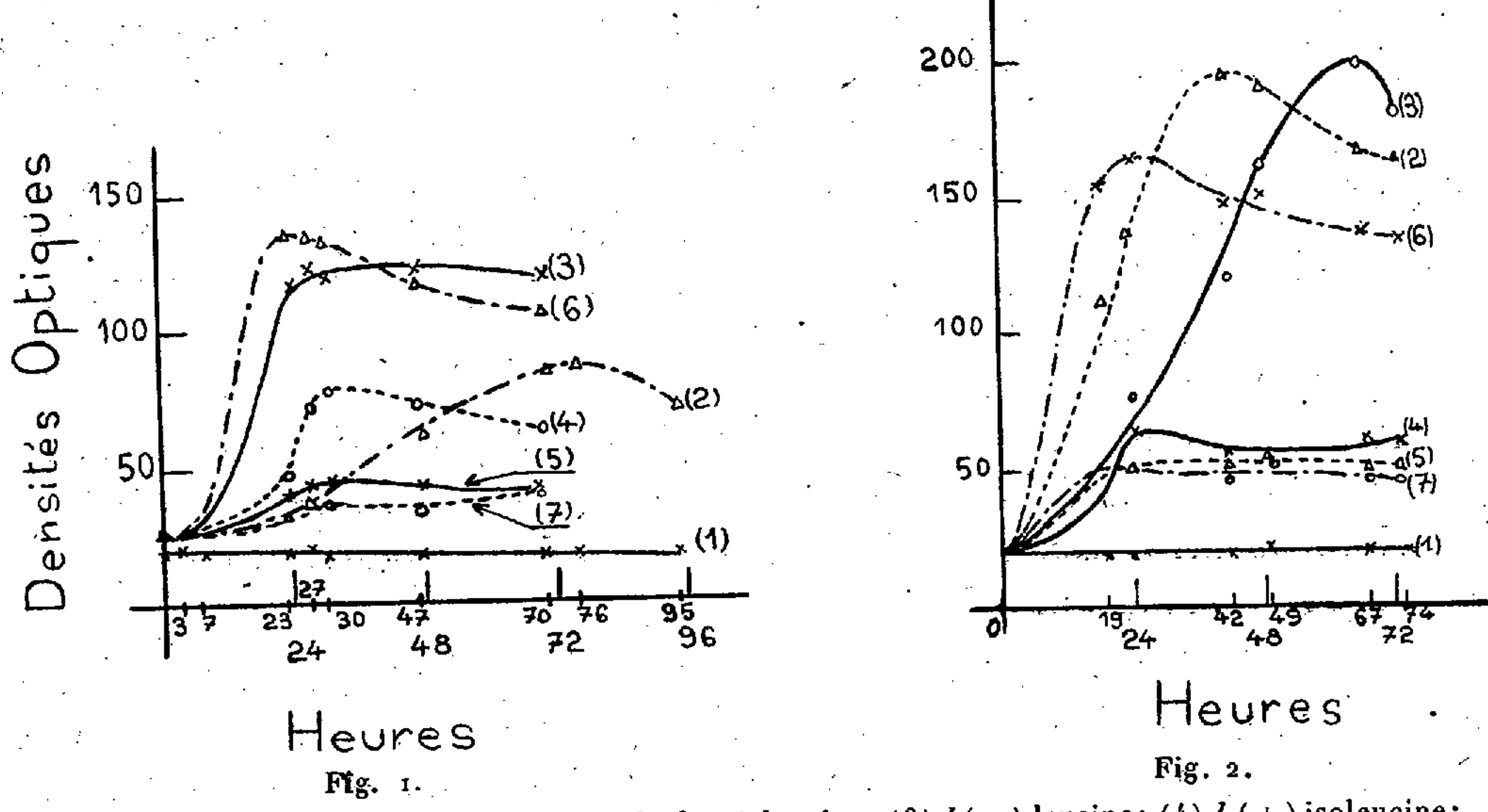


Fig. 1.　　Fig. 2.

Fig. 1. — Souche de *Proteus*. (1) eau; (2) $l(+)$ leucine; (3) $l(-)$ leucine; (4) $l(+)$ isoleucine; (5) $l(-)$ isoleucine; (6) *d*-glucose; (7) milieu sans azote.

Fig. 2. — Souche de *Typhi murium*. (1) eau; (2) $l(+)$ alanine; (3) $l(-)$ alanine; (4) $l(+)$ valine; (5) $l(-)$ valine; (6) *d*-glucose; (7) milieu sans azote.

2° Nous avons également employé certains amino-acides à la fois comme source de carbone et comme source d'azote. Nous en donnons un exemple par les courbes ci-dessous :

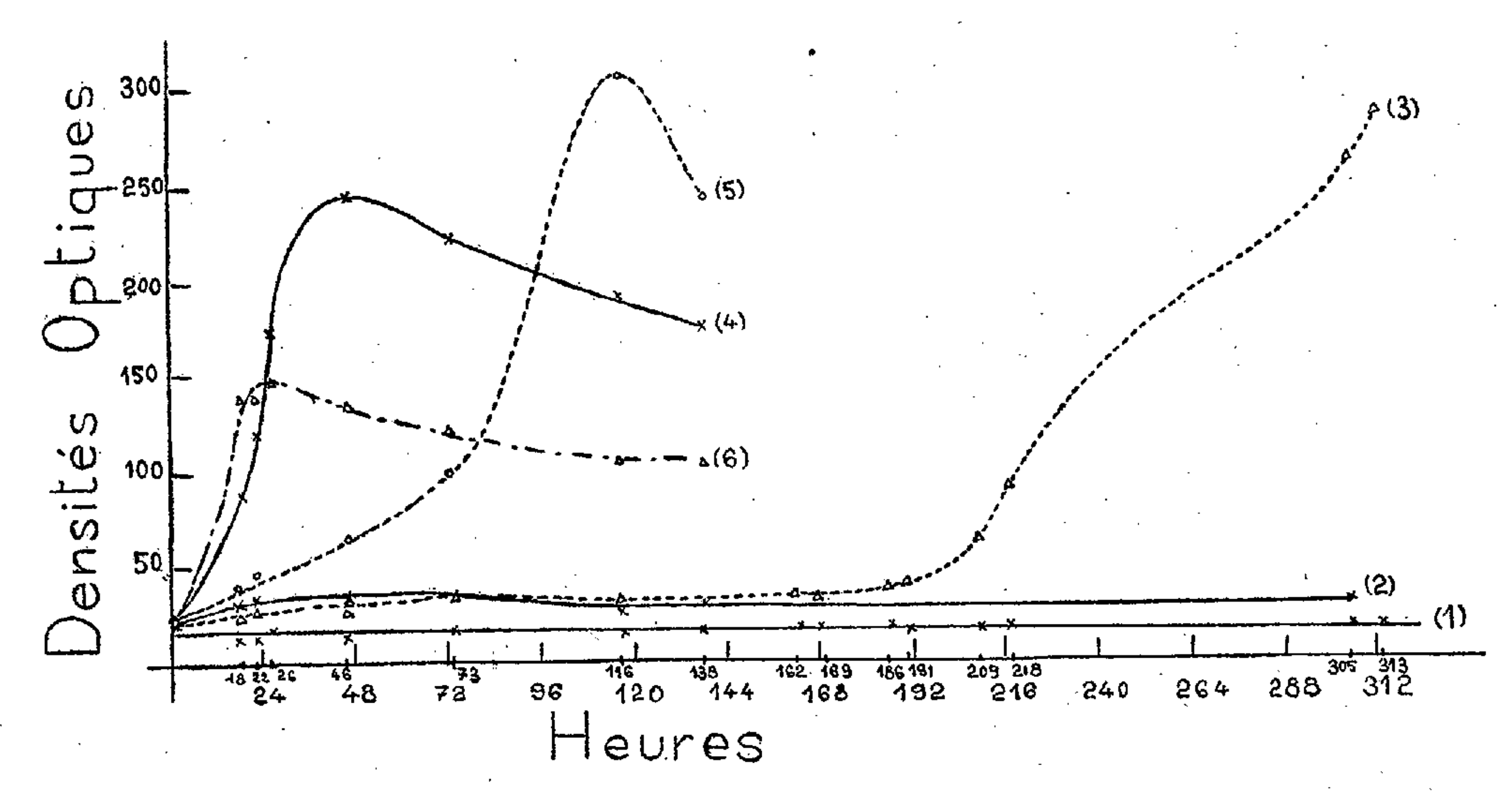


Fig. 3. — Souche de *Typhi murium*. (1) eau; (2) $l(+)$ leucine; (3) $l(-)$ leucine; (4) $l(+)$ alanine; (5) $l(-)$ alanine; (6) d-glucose.

3° Nous complétons le tableau de notre dernière Note (1) sur les amino-acides comme source de carbone :

$l(-)$ leucine est utilisée par les espèces suivantes :

Pyocyanique,	croissance totale : 72 h.
Morgan I,	croissance totale : 168 h.
Flexner,	croissance totale : 144 h.
Shiga,	croissance totale : 144 h.

$l(+)$ leucine n'est utilisée par aucune des espèces envisagées.

$l(+)$ isoleucine n'est utilisée que par le pyocyanique, croissance totale : 168 heures.

$l(-)$ isoleucine n'est utilisée par aucune des espèces envisagées.

Conclusion. — *a*. En dehors de l'isoleucine, dont l'antipode $l(-)$ ne convient à aucune des espèces étudiées, on voit une fois de plus que dans beaucoup de cas les deux antipodes optiques d'un même corps sont utilisables avec des vitesses différentes.

b. Souvent, l'antipode non naturel atteint une croissance supérieure à celle de l'antipode naturel.

c. Les corps utilisés se sont montrés plus favorables comme source d'azote que comme source de carbone.

d. Il résulte de nombreuses expériences dont nous ne pouvons donner ici tous les résultats, que certains des amino-acides considérés peuvent servir à la fois de source de carbone et de source d'azote.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'huile de foie de Morue sur l'appareil génital mâle du Lapin.* Note de M[me] **Marie-Louise Chevrel-Bodin** et M. **Marcel Cormier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Gœttsch et Pappenheimer ont décrit dès 1931 des accidents de dégénérescence chez des lapins impubères recevant de l'huile de foie de Morue. Depuis cette date, l'influence néfaste de l'huile de Morue entrant dans la composition des régimes synthétiques, utilisées entre autres pour carencer les animaux en vitamine E, a été maintes fois signalée et discutée.

Nous avons repris cette étude en administrant de l'huile de foie de Morue officinale soit *per os*, soit en injections, à des Lapins recevant un régime naturel et nous avons constaté que, même dans ces conditions, l'huile de foie de Morue détermine de très importantes lésions testiculaires d'ordre dégénératif qui aboutissent à l'atrophie totale de l'organe. Nous avons utilisé des animaux pubères qui reçurent des doses d'huile de foie de Morue allant de 20^{cm^3} à 260^{cm^3} durant une période qui a varié de deux mois à trois ans. Les lésions apparurent après un délai variable selon la susceptibilité individuelle de l'animal traité. Exceptionnellement elles se manifestèrent au bout de deux mois, le plus souvent elles n'apparurent qu'après six ou huit mois.

Les lésions affectent d'abord les cellules les plus évoluées de la lignée séminale. Les spermatozoïdes et les spermatides sont frappés en premier lieu et disparaissent assez rapidement. Plus tardivement les spermatocytes et les spermatogonies sont atteints, perdent leur capacité d'adhésion et tombent dans la lumière tubulaire centrale, d'où ils sont éliminés dans les canaux épididymaires. Certains éléments cellulaires subissent la nécrose *in situ* dans la paroi tubulaire où ils se transforment en masse acidophile avec noyaux pycnotiques. Quelques cellules se fusionnent pour donner naissance à de volumineux plasmodes multinucléés. Les derniers stades de l'évolution des lésions sont caractérisés par l'atrophie des tubes qui, réduits à un calibre d'environ 45 à 50^{μ}, ne sont plus limités que par une seule assise cellulaire. Entre les tubes, le conjonctif est lâche, généralement œdémateux au début de l'évolution des lésions; plus tardivement il se densifie.

A quelle fraction de l'huile injectée doit-on rapporter cette action nocive sur le parenchyme testiculaire? Pour le préciser nous avons administré à des lapins de l'huile d'arachide ou de l'huile d'olive ou de l'huile de foie de morue chromatographiée.

Un lot de Lapins pubères reçut de 20 à 180^{cm^3} d'huile d'arachide et d'huile d'olive sans avoir présenté de lésions testiculaires. Un autre lot d'animaux

reçut de l'huile de foie de Morue chromatographiée. Le parenchyme testiculaire est resté sensiblement normal. Par contre, dans une troisième série d'expériences, nous avons administré à des Lapins pubères un soluté aqueux de safran à 2 % (50 à 110$^{cm^3}$). Les animaux ont succombé au bout de quatre mois environ. Ils présentaient des testicules atrophiés, au niveau desquels nous avons retrouvé les mêmes lésions que celles que produit l'huile de foie de Morue.

Conclusion. — L'huile de foie de Morue, à haute dose, détermine l'atrophie du testicule du Lapin pubère avec des lésions dégénératives de l'épithélium séminifère. Il semble que ces lésions testiculaires ne puissent pas être rapportées à la partie saponifiable de l'huile, réserve faite de l'action des acides gras insaturés, mais bien plutôt aux carotènes qu'elle contient ou à un produit de leur métabolisme qui agissent à la façon d'un toxique.

MICROBIOLOGIE. — *Étude au moyen de la microscopie en fluorescence, des inclusions intra-cellulaires acidophiles provoquées par les virus de la rage, de la vaccine, de la maladie de Borna.* Note (*) de MM. **Jean Constantin Levaditi, Pierre Lépine** et **Jacques Augier**, présentée par M. Joseph Magrou.

Il est possible d'utiliser la microscopie en fluorescence, conçue dès 1911 par Heimstadt, pour l'étude des tissus, des cellules et de leurs constituants, à condition de leur conférer à l'aide de fluorochromes une fluorescence secondaire. A la suite de Haitinger, nous avons appliqué cette méthode à l'étude histologique après fixation et inclusion des organes dans la paraffine. Notre technique de coloration est identique à celle qu'utilise la microscopie en lumière blanche. La coupe, après avoir été immergée successivement dans le xylol, l'alcool absolu et l'eau, est plongée pendant trente minutes dans une solution aqueuse à 2/1000 de thioflavine S, fluorochrome électro-positif. La préparation est ensuite plongée quelques secondes dans l'alcool absolu, puis dans le toluène, sans passer par la phase aqueuse. Enfin elle est montée au baume entre lame et lamelle, de façon que la couche de baume soit le plus mince possible.

Étant donnés les spectres d'absorption et de fluorescence de la thioflavine, les longueurs d'onde de la lumière excitatrice sont comprises etre 2900 et 4100 Å et le maximum d'énergie du rayonnement répond à la longueur d'onde $\lambda = 3600$ Å. Pour la vision directe, le filtre d'arrêt destiné à neutraliser la lumière excitatrice et à transmettre la lumière secondaire émise par l'objet transmet les longueurs d'onde comprises entre 4000 et 6500 Å et le maximum de transmission répond à $\lambda = 5150$ Å ([1]). Dans ces conditions, il est possible

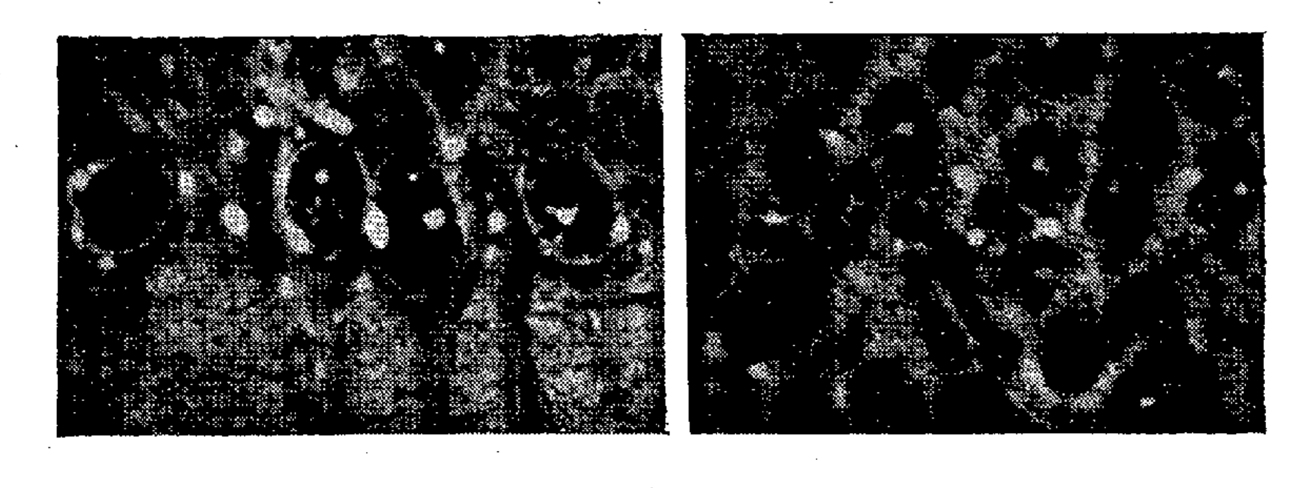
(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) J.-C. Levaditi, R. O. Prudhomme et J. Augier, *Ann. Inst. Pasteur*, 1948.

de prendre des photographies sur plaques orthochromatiques; mais les images obtenues sont meilleures en utilisant d'autres longueurs d'onde dont le maximum est pour la lumière excitatrice $\lambda = 4000$ Å et pour le filtre d'arrêt $\lambda = 5150$ Å.

Ce résultat une fois obtenu, nous avons appliqué aux coupes histologiques, après imprégnation par la thioflavine, la méthode des ombres portées, destinée à la microscopie électronique ([2]), qui donne à la coupe une impression de relief considérable.

Ces deux techniques générales d'étude des tissus normaux ou pathologiques ont été appliquées par nous à la mise en évidence et à la photographie des corps de Negri de différentes souches de rage, qu'ils soient situés dans le protoplasme des neurones de la corne d'Ammon (voir *fig.* 1 et 2), ou des cellules de l'épi-



1. 2.

1. Photomicrographie en fluorescence de corps de Negri de la rage situés dans le protoplasme des cellules de la corne d'Ammon. (Gr. 2000.)

2. Mêmes éléments photographiés dans une autre préparation mais après métallisation. Les corps de Negri apparaissent en blanc et en relief. (Gr. 2000.)

thélium cornéen. Elles permettent également d'observer en fluorescence les corps de Guarnieri du virus vaccinal situés dans le protoplasme des cellules de l'épithélium cornéen, les corps de Joest et Degen du virus de la maladie de Borna situés dans les noyaux des cellules de l'encéphale.

Toutes ces inclusions intracellulaires apparaissent à l'œil en bleu azur, de la même teinte que les nucléodes ou les hématies. Elles tranchent sur la teinte jaune d'or extrêmement brillante du protoplasme des cellules, de leurs noyaux ou du collagène. Ces inclusions sont ovalaires ou arrondies, sans structure visible; elles sont homogènes et identiques en cela aux aspects observés en lumière blanche à l'aide de la coloration de Mann ou des colorations qui en dérivent.

La différence de teinte montre évidemment une différence de nature des objets colorés. Ces différences peuvent être dues, soit au fait que la teinte de

---

([2]) R. C. William et R. W. G. Wyckoff, *J. Applied Physics*, 15, 1944, p. 712.

fluorescence de la thioflavine varie suivant sa concentration (bleue à faible concentration, jaune d'or à forte concentration), soit au fait qu'à concentration égale sa teinte de fluorescence varie également suivant la nature du support sur lequel elle se fixe. Enfin la teinte bleu azur de ces inclusions extra-nucléaires diffère de celle des corps élémentaires de la vaccine ou de la variole aviaire, de celle des granulo-corpuscules de la lymphogranulomatose vénérienne et des inclusions intra-nucléaires provoquées par le virus herpétique, et qui sont tous jaune d'or en présence de thioflavine.

Ceci conduit à interpréter ces inclusions acidophiles intra-cellulaires comme étant des lésions de cellules contenant vraisemblablement des corps élémentaires de virus englobés par une substance homogène élaborée par la cellule, peut-être les anticorps cellulaires dont J. Vieuchange ([3]) a montré la réalité à propos de la vaccine.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h35m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1948.
(*suite et fin*).

Gouvernement général de l'Indochine. *Bibliographie analytique des travaux scientifiques en Indochine*, 1939-1940-1941. (*Sciences médicales et vétérinaires*), par B. NOYER. Hanoï. Imprimerie d'Extrême-Orient, 1943; 1 fasc. 27cm,5.

Comment déterminer un lézard d'Indochine. — Comment déterminer un batracien d'Indochine. — Comment déterminer une tortue d'Indochine, par RENÉ BOURRET, Hanoï, Imprimerie Taupin et Cie s. d.; 3 fasc. 27cm,5.

Secretaria de Educación de la Nación. *Las Malvinas son Argentinas* (Recapilacion de antecedentes). No 1. Buenos-Aires, 1948; 1 fasc. 29cm,

Comision nacional de cooperacion intelectual. *Argentina en marcha*. Tomo primero. Buenos-Aires, 1947; 1 vol. 25cm.

Clave de la mitologias, par RAMÓN SOTO FERNANDEZ. Monforte (Lugo), Édiciones Ydir, s. d., 1 fasc. 21cm,5.

Max Planck. Wissenschaftliche Selbstbiographie, publié par KAISERLICH-LEOPOLDINISCH. CAROLINISCH DEUTSCHEN AKADEMIE DER NATURFORSCHER. Leipzig, Johann Ambrosius Barth-Verlag, 1948; 1 fasc. 20cm,5.

([3]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 92; *Bull. Acad. Méd.*, 118, 1937, p. 372; et *ibid.*, 123, 1940, p. 101.

Protectorat de la République française au Maroc. *Les cahiers de la recherche agronomique*. I. Rabat, Service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole 1948; 1 fasc. 23cm,5.

Actualités scientifiques et industrielles, 1059. Archives de l'Institut international des sciences théoriques. Série A. Bulletin de l'Académie internationale de philosophie des sciences. 1. *Problèmes de philosophie des sciences*. I. *Les méthodes de la connaissance*. Paris, Hermann et Cie, 1948; 1 fasc. 25cm.

Leonhardi Euleri Opera Omnia, Series secunda. Opera mechanica et astronomica. Volumen tertium. LEONHARDI EULERI. *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum ex primis nostræ cognitionis principiis stabilita et ad omnes motus qui in huiusmodi corpora caderé possunt accommodata*. Volumen prius, éditit CHARLES BLANC. Bernæ, Societatis scientiarum naturalium helveticæ, 1948; 1 vol. 29cm.

Premier Congrès international de physio-pathologie de la reproduction animale et d'insémination artificielle. Résolutions. Milan, 23-30 juin 1948; 1 feuille imp. 28cm,5.

Nuevas demostraciones de La Corpuscularidad de la Luz, par PIO NIRO. Buenos-Aires, Compañia Impresora Argentina, S. A., 1948; 1 fasc. 23cm.

Que sais-je? Les matières premières de synthèse. — Les plastiques, par JEAN VÈNE. Paris, Presses universitaires de France, 1948; 2 vol. 17cm,5.

Éphémérides nautiques ou *Extrait de la connaissance des temps pour l'an* 1949, publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins, Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 vol. 24cm.

Ministère des Travaux Publics et des Transports. Publication technique de l'Institut géographique national. *Historique de la cartographie de la nouvelle carte de France*, par M. HUGUENIN. Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1948; 1 vol. 27cm.

The Japanese medical Journal. Vol. I. No 1, published bimonthly by THE NATIONAL INSTITUTE OF HEALT OF JAPAN. Tokyo, Shiba Shirokane Daimaché, Minato-ku, 1948 1 fasc. 26cm.

The Institution of Mechanical Engineers *Automobile division*. Proceedings 1947-48. Part. I, Storey's Gate, 1948; 1 fasc. 28cm.

Principes fondamentaux de Télévision, par H. DELABY, in *Collection de la Radiodiffusion française*. Paris, Eyrolles, 1948; 1 vol. 25cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Fernando Gaspar**, Professeur à l'Université de Rosario, **Julio Rey Pastor**, Membre de l'Académie des Sciences de Madrid, Professeur à l'Université de Buenos-Aires, qui assistent à la séance.

ARITHMÉTIQUE ET THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une égalité numérique et sur l'addition vectorielle de certains ensembles.* Note de M. **Émile Borel.**

Soient $0/1$ et $1/2$ les extrémités d'un intervalle AB; plaçons sur AB toutes les fractions irréductibles p/q dont le dénominateur q est au plus égal à un entier donné n. Soient alors p/q et p'/q' deux points consécutifs; il est certain que $q+q'$ est supérieur à n : sinon, la fraction $(p+p')/(q+q')$ aurait dû être placée entre p/q et p'/q'.

Si l'on donne q et q' premiers entre eux et satisfaisant aux conditions précédentes pour une valeur donnée de n, il y a toujours sur AB, deux, et deux seulement, fractions consécutives p/q et p'/q', l'intervalle qui les sépare ayant la longueur $1/qq'$. La somme de tous les intervalles ainsi définis, est, quel que soit n, égale à la longueur de AB. On peut donc énoncer le théorème suivant :

Soient q et q' un couple quelconque d'entiers premiers entre eux, au plus égaux à n, la somme $q+q'$ étant supérieure à n; on a, quel que soit l'entier n

$$\sum \frac{1}{qq'} = \frac{1}{2}.$$

On peut observer que la plus grande valeur de $1/qq'$ est $1/n$ et la plus petite $1/n(n-1)$; les fractions correspondantes étant $0/1$, $1/n$, $1/(n-1)$.

Comme suite aux Notes que j'ai récemment publiées sur l'addition vectorielle de certains ensembles de mesure nulle ([1]), je tiens à m'excuser de n'avoir pas connu les résultats que M. Denjoy vient de rappeler ([2]) et qui sont très antérieurs à ceux que j'ai cités de M. Marshall Hall junior. Toutefois, ces résultats ne concernent pas les généralisations que j'ai indiquées, ainsi que mes résultats relatifs aux ensembles de mesure nulle partout denses (raréfactions R, ρ et r).

Il resterait à examiner les relations entre ces généralisations et les résultats particulièrement intéressants de M. Denjoy qui étaient restés jusqu'ici inédits et qui énoncent des conditions à la fois nécessaires et suffisantes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caprifoliacées. Développement de l'embryon chez le* Symphoricarpos occidentalis *Hook.* Note de M. René Souèges.

Mes précédentes recherches sur le *Lonicera biflora* Desf. ([1]) n'ont pas apporté des renseignements bien satisfaisants sur l'embryogénie des Caprofoliacées, puisqu'elles ont seulement montré que l'embryon de cette espèce n'obéissait pas, dans son développement, à des règles précises, qu'il était, par conséquent, difficile de déterminer des différences ou des ressemblances permettant de le comparer étroitement à l'un quelconque des types embryonomiques connus et de reconnaître avec certitude les véritables affinités du groupe. On sait, d'autre part, que Édith Moissl n'a pu observer, chez le *Symphoricarpos racemosus*, d'autre stade que celui d'une tétrade linéaire. Il y aurait, semble-t-il, une grande irrégularité et une grande diversité de formes dans la famille, qui, comportant seulement une dizaine de genres avec 200 espèces environ, apparaîtrait comme un groupement d'ordre secondaire, fort disparate dans ses origines.

Si l'on considère la suite des formes représentées en 1, 3, 5, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 32 à 36, on peut remarquer qu'elles constituent une série régulière se rapportant incontestablement à une tétrade linéaire à 4 éléments superposés, *cc*, *cd*, *m* et *ci* (*fig.* 5). L'élément *cc* donne d'abord 2 (*fig.* 10, 12), puis 4 cellules disposées en tétraèdre ; celle du sommet fonctionnant comme cellule épiphysaire (*fig.* 18, 20). Il engendre finalement la partie cotylée *sensu lato*. L'élément *cd* donne également 2 cellules (*fig.* 10, 12), puis 4, généralement circumaxiales (*fig.* 21), dans lesquelles des cloisons prématurément transversales (*fig.* 17, 26) peuvent précéder les cloisons verticales. Cet élément *cd* donne naissance à la partie hypocotylée et aux initiales de l'écorce au sommet radiculaire. Celles-ci se différencient parfois de très bonne heure par un processus qui rappelle celui qui a été observé chez les *Nicotiana* ([2]) (*fig.* 27). Le blastomère *m* de

---

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 103, 453 et 790.

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 928.

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 480.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1125; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 69, 1922, p. 166.

la tétrade donne aussi deux éléments juxtaposés (*fig.* 10, 12), puis 4 cellules circumaxiales (*fig.* 17, 20, 21), qui se segmentent, aux stades suivants, le plus souvent transversalement (*fig.* 18, 24), mais qui peuvent aussi, avant de se cloisonner transversalement, prendre des cloisons longitudinales (*fig.* 32, 33), ou nettement obliques (*fig.* 27). Ce

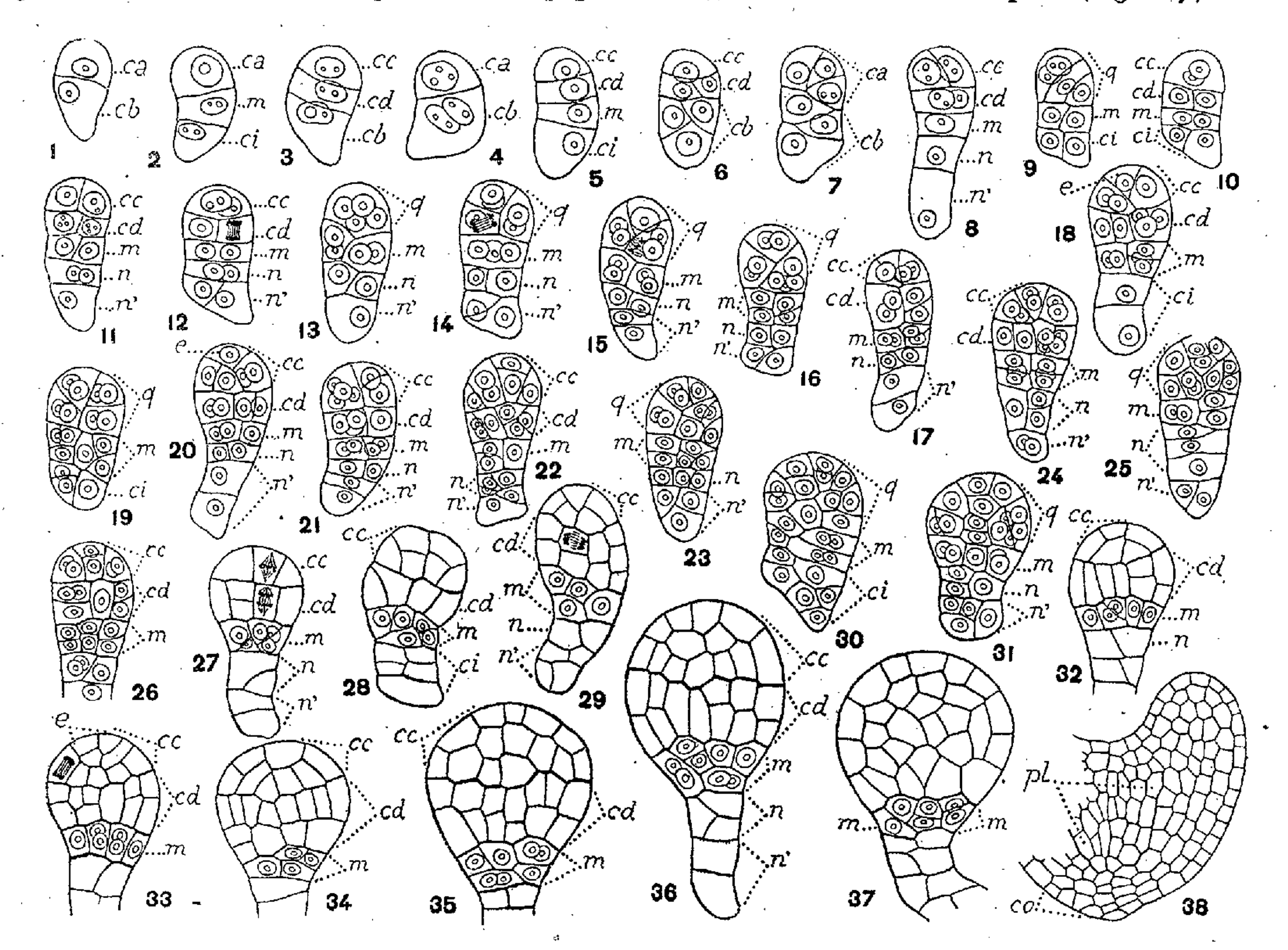


Fig. 1 à 38. — *Symphoricarpos occidentalis* Hook. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée *sensu lato*; *cd*, cellule subterminale de la tétrade ou partie hypocotylée; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou primordium de la coiffe *ci*, cellule-inférieure; de *cb*, ou suspenseur; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants *e*, épiphyse; *pl*, plérome; *co*, coiffe. G. = 280; 140 pour la figure 38.

blastomère *m* engendre la portion médiane de la coiffe. Enfin, le blastomère inférieur de la tétrade, *ci*, peut se diviser tout d'abord transversalement pour donner 2 éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 8, 11), ou bien longitudinalement séparant ainsi 2 éléments juxtaposés (*fig.* 9, 10); les divisions suivantes, peu nombreuses, se succèdent irrégulièrement; elles conduisent à la formation d'un court suspenseur (*fig.* 36). On pourra aisément constater que la marche de la segmentation, les dispositions et les destinées des blastomères primordiaux, dans toute la série de ces formes procédant de la tétrade linéaire, sont tout à fait conformes à celles qui ont servi à définir les lois selon lesquelles se développe le type embryonomique du *Polemonium cæruleum* [3].

Si, d'autre part, on envisage la série des formes figurées en 1, 2, 4, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 23, 25, et sans doute également 30 et 31 (aux stades avancés les formes se confondent avec

[3] R. Souèges, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1338; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **86**, 1939, p. 289; *Embryogénie et Classification*, III, *Partie spéciale*, Paris, 1948, p. 89.

celles de la série précédente), on est obligé de convenir que ces formes, plus ou moins régulières, viennent se rattacher à une tétrade comportant dans sa partie supérieure deux éléments juxtaposés séparés par une cloison oblique. Le proembryon octocellulaire de la figure 9 dérive directement de cette tétrade. Les quatre éléments supérieurs de cette forme octocellulaire, qui ont valeur de quadrants, se segmentent comme le montrent les figures 14, 15 et 16. Le quadrant du sommet paraît nettement se comporter comme cellule épiphysaire; les trois autres engendrent soit uniquement la partie cotylée *sensu stricto*, soit, en même temps, une partie plus ou moins étendue de la partie hypocotylée. Aux dépens de l'étage *m* (*fig.* 9) se développerait l'hypocotyle en entier ou en partie, ou bien seulement la partie centrale de la coiffe. L'étage *ci* engendrerait cette dernière région du corps et le suspenseur ou bien uniquement le suspenseur. On retrouverait ainsi dans ces formes les mêmes profondes variations que nous a décelées l'étude embryogénique du *Gilia tricolor* (⁴) et du *Polemonium pauciflorum* (⁵).

Au delà des stades relativement avancés des figures 36 et 37, le corps embryonnaire n'offre généralement aucune différenciation intérieure, les étages ne pouvant être distingués les uns des autres et les éléments cellulaires ne présentant aucune orientation bien définie. Les histogènes ne se montrent individualisés que lorsque les cotylédons sont nettement ébauchés (*fig.* 38).

Somme toute, les irrégularités que l'on rencontre dans les formes embryonnaires du *Symphoricarpos occidentalis* sont moins accusées que celles qui ont été observées chez le *Lonicera biflora*; elles peuvent être rapprochées de celles qui se produisent chez les Polémoniacées. Ces nouveaux rapports entre Polémoniales et Rubiales ne doivent pas nous surprendre, ces deux grandes alliances étant, parmi les Gamopétales, des isostémones à fleurs régulières et ne différant primordialement l'une de l'autre que par l'ovaire, libre chez les premières, infère chez les secondes. J'ai déjà fait ressortir ailleurs (³) les étroites relations que présente le type embryonomique du *Polemonium cæruleum* avec l'archétype de l'*Hyoscyamus niger*; dans les deux cas, le tableau récapitulatif des lois du développement est exactement le même si l'on fait abstraction de la modification qu'entraîne, dans la disposition des blastomères, la différenciation, chez le *Polemonium*, d'une cellule épiphysaire au sommet du proembryon.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Épilobes et Rouille.*

Note de M. **Gustave Nicolas** et Mlle **Berthe Aggéry.**

Epilobium hirsutum L., *Ep. montanum* L., *Ep. parviflorum* Schreb., *Ep. roseum* Schreb. et plusieurs hybrides entre ces espèces, que nous observons depuis plusieurs années, forment des peuplements très denses, où domine *hirsutum*, dans un fossé longeant la route d'Osséja à Palau-de-Cerdagne (Pyrénées-Orientales).

Dès la fin d'avril, certains pieds d'*hirsutum* mesurant 15 à 20^{cm} ont leurs

(⁴) R. Souèges, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 543.
(⁵) R. Souèges, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 897.

feuilles couvertes d'écidies encore fermées de *Puccinia Epilobii-tetragoni* (DC.) Wint. Cette Rouille, qui se conserve pendant l'hiver dans la partie souterraine de l'Épilobe, occasionne, chaque printemps, une infection généralisée de la partie aérienne et recouvre de ses écidies la face inférieure des feuilles. Les pieds atteints, qui se reconnaissent facilement à distance à la couleur rouge violacé de la tige et à la teinte jaunâtre des feuilles, présentent, en outre, les caractères suivants : réduction de la longueur et de l'épaisseur des tiges, des dimensions des feuilles, du nombre et de la longueur des poils épidermiques, caractères qu'indiquent bien les mesures suivantes, en centimètres, prises sur trois pieds sains (A, B, C) et sur six pieds rouillés (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*) coupés près de leur base.

	A.	B.	C.	*a*.	*b*.	*c*.	*d*.	*e*.	*f*.
Nombre d'entre-nœuds..	10	9	10	13	9	8	7	6	6
Longueur de la tige....	46,5	43	47,5	33	34,2	33,5	29,2	22,2	23
Longueur des feuilles...	6-13	5-11	6-11	4,5-9	3,5-9	3,5-7,5	3,5-7	2,5-5,5	3-6
Largeur des feuilles....	1,5-3	1-2	1-2,5	0,7-2	0,7-2	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1	0,5-1
Diamètre des tiges.....	6	5	5	4	4	3	3	2,5	2,5

L'épaisseur des tiges a été mesurée sur des coupes pratiquées dans le sixième entre-nœud à partir du sommet.

Il est à remarquer que les entre-nœuds de la base de la tige ont sensiblement la même longueur dans les deux cas (5 à 7^{cm}), et que c'est surtout par la réduction de la longueur de ceux du sommet que se traduit l'action du parasite, ce qui est logique, le mycélium envahissant la tige plus ou moins tard, lorsque les premiers entre-nœuds sont déjà formés.

D'autre part, les tiges parasitées portent des poils épidermiques beaucoup moins nombreux et plus courts que ceux des tiges saines; celles-ci sont couvertes de poils longs, aigus, mesurant 1000 à 1800^{μ} et de poils plus courts, glanduleux, ayant 200 à 600^{μ}, tandis que les tiges malades sont moins velues, avec de rares poils longs, aigus, mais surtout des poils glanduleux.

Si le mycélium envahit la tige de très bonne heure, dès sa sortie de terre, toutes les feuilles se couvrent d'écidies et se dessèchent; si l'invasion est plus tardive, celles du sommet sont indemnes et peuvent être, dès le mois d'août, le siège de la formation des urédospores provenant de la germination des écidiospores. Nous n'avons observé que très rarement des pieds portant à la fois des écidies sur les feuilles desséchées de la base et des urédospores sur celles du sommet; la plupart du temps, ces dernières apparaissent sur des plantes dépourvues d'écidies. En octobre-novembre, la majorité des *Epilobium hirsutum* attaqués par *Puccinia* sont complètement secs et leurs feuilles couvertes d'urédospores et de téleutospores.

A la lueur d'observations récentes sur le rôle des auxines chez les végétaux, ne pourrait-on admettre que le mycélium de *Puccinia* sécrète une substance,

qui, diffusant dans toute la plante en quantité suffisante, y provoquerait les désordres que nous venons d'indiquer?

Si *Epilobium hirsutum* manifeste une très grande sensibilité vis-à-vis de *Puccinia Epilobii-tetragoni*, il n'en est pas de même, dans la région qui nous intéresse, d'*Ep. roseum*, d'*Ep. parviflorum* et d'*Ep. montanum*. Ces Epilobes, bien que vivant côte-à-côte avec *hirsutum*, ne portent pas la moindre trace de Rouille. Considérés généralement comme des hôtes normaux de *Puccinia*, il faut admettre qu'ils sont doués d'une immunité locale, due aux conditions de milieu (altitude 1250^{m}, luminosité très vive, air très sec); alors qu'*hirsutum* est ravagé par la Rouille, presque complètement sec, fin octobre, les trois autres espèces sont encore vertes, certains pieds fleurissent même encore.

D'autre part, un certain nombre d'hybrides entre ces quatre espèces sont remarquables par leur immunité presque totale vis-à-vis de *Puccinia*, quelques individus seulement présentent une très légère sensibilité, qui se manifeste par de très rares sores ou quelques taches d'hypersensibilité. Voici les types que nous avons observés :

1° Tige et feuilles amplexicaules blanchâtres, à poils beaucoup plus courts que ceux d'*hirsutum*; fleurs plus petites, à stigmates étalés en croix; capsules couvertes de poils ras;

2° Mêmes caractères que le précédent, mais teinte plus verte et feuilles légèrement atténuées à leur base en une sorte de pétiole;

3° Mêmes caractères que 2°, mais les stigmates, plus petits, sont à peine étalés;

4° Tige portant des poils très courts, avec quatre lignes saillantes; feuilles vertes, presque glabres, longuement atténuées à leur base en pétiole; fleurs petites, d'un rose pâle, à stigmates en massue; capsules couvertes de poils ras.

Le premier est vraisemblablement un hybride *hirsutum* × *parviflorum*, les types 2 et 3 probablement des hybrides *hirsutum* × *roseum* et le n° 4 paraît correspondre à l'hybride *montanum* × *roseum* Haussk., d'après les échantillons originaux, légués par Haussknecht lui-même, qui figurent dans l'herbier de Timbal-Lagrave, au Musée d'Histoire naturelle de Toulouse. Les trois premiers sont caractérisés essentiellement par une réduction de la pilosité (poils courts, laineux), notamment sur les fruits, plus ou moins glabres. Nous ne croyons pas devoir insister ici sur ces hybrides d'Epilobes, plantes qui, comme l'a si bien dit le Frère Sennen (1), forment un chapitre difficile dans la Flore de Cerdagne. A part le type 1, qui comprend quelques individus présentant de très rares sores ou des taches d'hypersensibilité, tous les autres résistent à *Puccinia*, ayant hérité de l'immunité locale de l'un de leurs parents (*roseum*) ou des deux (*roseum* et *montanum*).

S'il paraît déjà intéressant de noter l'immunité, en Cerdagne, d'*Ep. parvi-*

(1) *Bull. Soc. Bot. France*, 73, 1926, p. 650.

florum, *roseum* et *montanum* vis-à-vis de *Puccinia*, il est un autre point qui mérite de retenir l'attention, c'est la corrélation qui semble exister entre le développement du système pileux et la sensibilité; *Ep. hirsutum* en est un exemple. N'y aurait-il pas lieu, pour vérifier cette hypothèse, de rechercher si, dans les régions où ces espèces sont attaquées par la Rouille, elles le sont, cependant, moins qu'*hirsutum*?

CYTOLOGIE. — *Sur deux Graminées (Avénées-Airopsidées) à nombre chromosomique de base égal à 4 : les* Airopsis tenella *(Cav.) Coss. et DR. et* Periballia lævis *(Brot.) Asch. et Graebn.* Note (*) de M. **René de Litardière**.

Les Graminées présentent des nombres chromosomiques de base variés : 7, 9, 10, 12 sont les plus fréquents, mais on trouve aussi 5, 6, 11, 13, 14, 15, 17, 19 et 20. Jusqu'ici le nombre 4 était inconnu; Walter Brown (1948) a insisté sur ce point dans une étude cytologique consacrée à des Graminées du Sud-Est des États-Unis ([1]). Nous avons découvert que ce nombre caractérise le genre monotype *Airopsis* [comprenant l'*A. tenella* (Cav.) Coss. et DR.], ainsi qu'une espèce du genre voisin *Periballia* : *P. lævis* (Brot.) Asch. et Graebn. ([2]). Ces deux plantes possèdent le nombre chromosomique le plus faible de toute la famille : $2n = 8$ ([3]). Les chromosomes offrent les caractères du type festucoïde.

Dans le genre *Periballia*, outre le *P. lævis*, espèce hispano-mauritanienne ([4]) qui appartient au sous-genre *Molineria* (Parl.) Asch. et Graebn., nous avons étudié, sur du matériel provenant de Sernache de Bomjardim (Beira Baixa, Portugal), le *P. involucrata* (Cav.) Janka, espèce hispano-lusitanienne ([5]) se rattachant au sous-genre *Euperiballia* Asch. et Graebn. Cette dernière espèce possède $2n = 14$, soit $x = 7$, nombre de base très fréquent chez les Avénées. Il serait très intéressant d'examiner une troisième espèce du genre *Periballia* (sous-genre *Molineria*), le *P. minuta* (Loefl.) Asch. et Graebn., que nous n'avons pu nous procurer jusqu'ici, afin de se rendre compte si le nombre

---

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *A cytological study in the Gramineæ* (*Amer. Journ. of Bot.*, 35, 1948, p. 394).

([2]) Les plantes que nous avons étudiées proviennent des localités suivantes : *Airopsis tenella* (Cav.) Coss. et DR. : Baleia, près Coimbra (Portugal); *Periballia lævis* (Brot.) Asch. et Graebn. : Vila Franca, près Coimbra (Portugal).

([3]) Les Monocotylédones présentent rarement ce nombre; il n'a été signalé jusqu'ici que chez des *Bellevalia* et *Dipcadi* (Liliacées) et chez des *Crocus* (Iridacées).

([4]) Signalée aussi d'une façon vague dans la France méridionale par Loiseleur (*Fl. gall.* ed. 2, **1**, p. 58, sub : *Aira Lensæi* Lois.), où elle n'a pas été retrouvée.

([5]) La présence de cette espèce en Corse où la mentionne Robiquet (*Rech. hist. et stat., Corse*, p. 63), d'après l'herbier Clarion, est extrêmement douteuse.

de $2n = 8$ que nous avons observé chez le *P. lævis* est réellement caractéristique du sous-genre *Molineria*.

Ce nombre aberrant chez les Graminées n'est probablement pas primitif; il serait dérivé du nombre 5 qui, d'après Flovik [6], constituerait le nombre primitif de base de la famille. On peut, en effet, facilement concevoir qu'il s'est établi par fusion d'une paire de chromosomes.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'une série de fascicules relatifs à ses travaux sur la streptomycine et les substances antibiotiques.

ELECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Ernst Gäumann** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Albert Blakeslee*, élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Charles Killian. *Le déficit de saturation hydrique chez les plantes sahariennes. — Conditions édaphiques et réaction des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne. — Relations mutuelles entre le* Tuburcinia Schizocaulon (*Ces.*) *maire et son hôte*, Odontites lutea *Rchb.* (présentés par M. Demolon).

2° Charles Killian et R. Schnell. *Contribution à l'étude des formations végétales et des sols humifères correspondants des massifs du Benna et du Fouta-Djallon* (*Guinée française*) (présenté par M. Demolon).

3° Augustin Boutaric. *La production et les applications du froid*. Deuxième édition.

4° Henri Chrétien. *Biologie, Pathologie, Thérapeutique. Le Cancer. Sa cause. Troubles et maladies qui le précèdent. Détection, Analyses, Protection, Influences des courants telluriques et radioactifs*. Deuxième édition.

5° Collection de travaux de l'Académie Internationale d'Histoire des Sciences. N° 1. *Proclus de Lycie. Les commentaires sur le premier livre des éléments d'Euclide*, traduits pour la première fois du grec en français avec une Introduction et des Notes, par Paul Ver Eecke.

---

(6) K. Flovik, *Cytological studies of arctic grasses* (*Hereditas*, **24**, 1938, p. 332-346). L'auteur fournit de sérieux arguments en faveur de cette hypothèse, contrairement aux conclusions d'une part d'Avdulov (1931), et c'est aussi celle de Walter Brown (1948), d'autre part de Wanscher (1934) qui estiment que ce nombre de base est respectivement de 12 et de 8.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Canonisation géométrique spatiale de l'équation de Riccati*. Note de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une précédente étude ([1]) nous avons montré qu'il était possible d'associer à une équation de Riccati de nouvelles notions métriques, telles que les développantes ou développées généralisées d'une courbe plane. Toutefois nous avions dans notre introduction signalé que la considération du problème dans l'espace, c'est-à-dire à partir de courbes-base gauches, devait nous amener à regarder notre problème plan comme projection d'un phénomène spatial plus général.

C'est ce dernier point que nous allons développer et sur lequel nous allons fournir quelques résultats.

Nous considérons la courbe-base gauche (M): $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$, et nous lui associons une courbe-adjointe (L) : $F(t)$, $G(t)$, $H(t)$, les points M et L correspondant à une même valeur du paramètre t.

Nous portons un segment $MN = \tau(t)$ sur la tangente en M à la courbe-base, d'où une courbe (N) à laquelle nous imposons la condition d'avoir sa tangente qui passe par le point L.

Soit $s' = ds/dt$ l'élément d'arc de la courbe (M). Nous utilisons les notations vectorielles

$$O = \frac{\overrightarrow{dM}}{ds} \wedge \frac{\overrightarrow{d^2H}}{ds^2} s'; \qquad \Omega = \overrightarrow{LM} \wedge \frac{\overrightarrow{d^2M}}{ds^2} s'; \qquad \omega = \overrightarrow{LM} \wedge \frac{\overrightarrow{dM}}{ds}.$$

La mise en équation du problème ainsi posé conduit à l'équation de Riccati

$$(1) \qquad \frac{d\tau}{dt} + \frac{O}{\omega}\tau^2 + \frac{\Omega}{\omega}\tau + s' = 0.$$

Il est remarquable de constater que l'on a toute une famille de courbes (N), les *développantes généralisées spatiales*, à propriétés anharmoniques, donc projectivement égales, puisque les coordonnées du point N, liées linéairement à τ, contiennent homographiquement la constante d'intégration. Réciproquement, si nous partons de l'équation de Riccati la plus générale

$$(2) \qquad \frac{d\rho}{dt} + P(t)\rho^2 + Q(t)\rho + R(t) = 0,$$

il est possible de lui associer un problème de développantes spatiales.

L'égalité $R(t) = (ds/dt)$ nous fournit des courbes (M) à paramétrisation isométrique, c'est-à-dire dont les arcs limités à des points correspondants ont même longueur s' pour une paramétrisation choisie.

Enfin, les égalités

$$(3) \qquad P(t) = \frac{O}{\omega}; \qquad Q(t) = \frac{\Omega}{\omega}$$

([1]) G. Viguier, *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 59, IX, 1945.

nous permettent d'associer une courbe (L) à une courbe-base fixée. Ces dernières montrent d'ailleurs que l'adjointe à la courbe gauche (M) perce le plan osculateur en M en un point L unique dans un intervalle régulier; cette condition, qui s'exprime par le fait que les vecteurs $\overrightarrow{LM}$, $\overrightarrow{dM}/ds$, $\overrightarrow{d^2M}/ds^2$ sont coplanaires, justifie l'existence de l'équation (1), écrite sous la forme vectorielle.

M. Valiron nous fait remarquer que la torsion ne figure pas dans l'équation (1), ce qui permet de dire que l'équation est la même pour toutes les courbes déduites d'une courbe plane d'équation intrinsèque donnée lorsqu'on tord arbitrairement cette courbe. Cependant, le problème spatial a droit à l'existence, car il peut être le point de départ de très riches propriétés géométriques telles que les notions métriques de paramétrisation isométrique ou isoradiique, ce qui nous fait penser que la véritable canonisation géométrique de l'équation de Riccati doit être prise dans l'espace et non dans le plan.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation polynomiale des fonctions sur une demi-droite.* Note de M. **Jean Horváth**, présentée par M. Paul Montel.

Théorème I. — *Soit* $F(x)(0 \leqq x < \infty)$ *une fonction positive,* $\log F(x)$ *étant une fonction convexe de* $\log x$ *et telle que*

$$\int_1^\infty \log F(x)\, x^{-\frac{3}{2}}\, dx = \infty. \tag{1}$$

Soit $f(x)(0 \leqq x < \infty)$ *une fonction continue et telle que* $f(x) \to 0$ *pour* $x \to \infty$. *Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe un polynome* $P_n(x)$ *tel que*

$$\left| f(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right| < \varepsilon \qquad (0 \leqq x < \infty).$$

Démonstration. — Il faut démontrer que, si $\Phi(x)$ est une fonction à variation bornée dans $(0, \infty)$, les relations

$$\int_0^\infty \frac{x^n}{F(x)}\, d\Phi(x) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots) \tag{2}$$

entraînent $\Phi(x) = \text{const.}$ (1). Considérons la fonction

$$\varphi(\zeta) = \int_0^\infty \frac{1}{\zeta - x}\, \frac{d\Phi(x)}{F(x)} \qquad (\zeta = \xi + i\eta).$$

On aura en vertu de (2)

$$\varphi(\zeta) = \frac{1}{\zeta^n} \int_0^\infty \frac{x^n}{\zeta - x}\, \frac{d\Phi(x)}{F(x)},$$

donc, dans le domaine $|\zeta - x| \geqq 1$, $(0 \leqq x < \infty)$

$$|\varphi(\zeta)| \leqq C\, \frac{M_n}{|\zeta|^n},$$

(1) Cf. *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 889.

où M_n est défini par

$$M_n = \max_{x \geq 0} \frac{x^n}{F(x)}.$$

En posant $\zeta = e^s (s = \sigma + it)$, dans le domaine situé dans la bande $\sigma \geqq 0$, $0 \leqq t \leqq 2\pi$ et dont la frontière est constituée par le segment $\sigma = 0$, $(\pi/2) \leqq t \leqq (3\pi/2)$ et par les courbes $e^\sigma \sin t = \pm 1$, les inégalités

$$|\varphi(e^s)| \leqq CM_n e^{-n\sigma},$$

auront lieu. Or, en vertu d'un théorème de MM. Mandelbrojt et Mac Lane (²)(1) entraîne $\varphi(\zeta) \equiv 0$, par conséquent $\Phi(x) = \text{const}$.

On déduit du théorème I les résultats suivants (¹) [$F(x)$ satisfait aux mêmes hypothèses qu'au théorème I] :

Théorème II. — *Soit* $f(x) \in L^p(0, \infty)$ $(1 \leqq p < \infty)$. *Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe un polynome* $P_n(x)$ *tel que*

$$\int_0^\infty \left| f(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right|^p dx < \varepsilon.$$

Théorème III. — *Soit* $f(x) \in L^p(0, \infty)$ $(1 \leqq p \leqq \infty)$. *Les relations*

$$\int_0^\infty \frac{x^n f(x)}{F(x)} dx = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

entraînent $f(x) = 0$ *presque partout.*

Dans le cas où $p = 1$ et $F(x) = e^{k\sqrt{x}}$, ce dernier théorème a été démontré par G. H. Hardy (³).

En utilisant l'inégalité fondamentale de Mandelbrojt (⁴) au lieu du théorème de Mandelbrojt et Mac Lane, on peut généraliser le théorème I de la manière suivante :

Théorème IV. — *Soit* $F(x)$ $(0 \leqq x < \infty)$ *une fonction positive*, $\log F(x)$ *étant une fonction convexe de* $\log x$.

Soit $\{\lambda_n\}$ *une suite croissante d'entiers positifs* $(\lambda_0 = 0,\ n = 0, 1, 2, \ldots)$ *et* $\{\nu_n\}$ *la suite complémentaire par rapport à la suite de tous les entiers positifs. Soit* $N(\nu)$, *la fonction de distribution de la suite* $\{\nu_n\}$. *Posons*

$$D(\nu) = \frac{N(\nu)}{\nu}; \qquad D^* = \overline{\lim_{\nu \to \infty}} D(\nu); \qquad D^*(\nu) = \overline{\text{borne}}_{\mu \leq \nu} D(\mu).$$

Soit $D^* < 1$. *Supposons que*

$$\int^\infty \log F(e^\sigma)\, e^{-\frac{1}{2}\int^\sigma \frac{du}{1 - D^*(\log F(e^u))}} d\sigma = \infty.$$

(²) *Trans. Am. Math. Soc.*, **61**, 1947, p. 454-467.
(³) *Mess. of Maths.*, **46**, 1947, p. 175-182.
(⁴) *Ann. Éc. Norm. sup.*, **63**, 1946, p. 351-378.

Soit $f(x)$ une fontion continue dans $(0, \infty)$ et telle que $f(x) \to 0$ pour $x \to \infty$. Quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un polynome de la forme

$$P_n(x) = a_0 + a_1 x^{\lambda_1} + \ldots + a_n x^{\lambda_n},$$

tel que

$$\left| f(x) - \frac{P_n(x)}{F(x)} \right| < \varepsilon \qquad (0 \leq x < \infty).$$

De ce théorème, on déduit des résultats analogues aux théorèmes II et III. Notons que, dans le cas $F(x) = e^x$, W. H. J. Fuchs a donné la condition nécessaire et suffisante pour que la suite $\{e^{-x} x^{\lambda_n}\}$ soit fermée, même si les λ_n ne sont pas des entiers ([5]).

La méthode utilisée ici n'est qu'une adaptation de la méthode dont se sert M. Mandelbrojt pour le problème des moments de Stieltjes (généralisé). En l'appliquant au problème de l'approximation sur l'axe entier, on retrouve les résultats de ma Note ([1]). Ce cas correspondra au problème des moments de Hamburger.

TOPOLOGIE. — *Sur la structure presque complexe d'une variété différentiable réelle de dimension* 4. Note (*) de M. **Wu Wen-tsun**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit $\mathfrak{R}_{2n,4}$ la variété grassmannienne des éléments *orientés* de dimension 4 dans un espace euclidien E de dimension $2n+4$ $(n>2)$ et passant par l'origine de E. Il existe ([1]) dans $\mathfrak{R}_{2n,4}$ un I_2-cycle $\mathfrak{r}^{8n-2}$ et deux I_0-cycles $\mathfrak{r}_1^{8n-4}$, $\mathfrak{r}_2^{8n-4}$ qui sont représentés respectivement par les symboles $[n-1, n-1, n, n]$, $[n-2, n-2, n, n]$ et $[n-1, n-1, n-1, n-1]$, avec les notations analogues à celles de S. Chern ([2]). Nous désignerons par $\wedge^2$, $\wedge_1^4$, $\wedge_2^4$ les classes de cohomologie correspondantes.

Soit M^4 une variété différentiable et orientable de dimension 4. La structure fibrée sphérique tangente de M *orientée* est induite par une certaine application $f : M \to \mathfrak{R}_{2n,4}$ dont le type d'homotopie est bien déterminé ([3]). Les classes $f^* \wedge^2 = W^2$, $f^* \wedge_i^4 = W_i^4$ $(i = 1, 2)$ sont des invariants de M ([4]). Nous établirons dans cette Note le théorème suivant :

([5]) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 42, 1946, p. 91-105.

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) Cf. L. Pontrjargin, *C. R. U. R. S. S.*, 35, 1942, p. 34-37.

([2]) Cf. par exemple, *Annals of Math.*, 49, 1948, 362-372. I_m = groupe d'entiers mod. m.

([3]) L. Pontrjargin, *C. R. U. R. S. S.*, 47, 1945, p. 242-245.

([4]) W^2 est en effet une classe caractéristique de Stiefel-Whitney, et $W_2^4 . M^4$ la caractéristique d'Euler-Poincaré. D'après Pontrjargin, $W_1^4 . M^4$ est un autre invariant numérique de M^4 qui change le signe quand on change l'orientation de M. f^* est l'homomorphisme inverse d'une application f.

Pour que la variété orientée M^4 *admette une structure presque complexe* ([5]), *il est nécessaire et suffisant qu'il existe une* I_0*-classe* C^2 *telle que*

(1) $$(C^2)_2 = W^2 \quad \text{et} \quad C^2 \cup C^2 = W_1^4 + 2W_2^4,$$

où $(\ )_2$ est l'opération de réduction mod 2. Plus précisément, le système des structures presque complexes est en (1-1)-correspondance au système de I_0-classes C^2 satisfaisant à la condition (1).

Il peut arriver donc qu'une variété M^4 admette une infinité de structures presque complexes non équivalentes. Exemple : $S^1 \times S^1 \times S^1 \times S^1$. Le théorème nous donne aussi un critère permettant de déterminer si la variété M, admettant une structure presque complexe correspondant à une de ses orientations, admettra aussi une structure presque complexe correspondant à l'autre ([6]).

La démonstration de notre théorème est basée sur une méthode de L. Pontrjargin ([7]).

2. Soit $\mathfrak{C}_{n,2}$ la variété grassmanienne des plans complexes dans un espace unitaire U de dimension complexe $n+2$ ($n>2$) et passant par l'origine de U. Soient $\mathfrak{z}^{4n-2}$, $\mathfrak{z}_1^{4n-4}$, $\mathfrak{z}_2^{4n-4}$, $\mathfrak{z}^2$, $\mathfrak{z}_1^4$, $\mathfrak{z}_2^4$ les I_0-cycles correspondant aux symboles $[n-1, n]$, $[n-2, n]$, $[n-1, n-1]$, $[0, 1]$, $[0, 2]$ et $[1, 1]$ respectivement ([2]). Les classes de cohomologie Γ^2, Γ_1^4 et Γ_2^4 duales aux $\mathfrak{z}^2$ et $\mathfrak{z}_i^4$ sont liées par la relation suivante

(2) $$\Gamma^2 \cup \Gamma^2 = \Gamma_1^4 + \Gamma_2^4.$$

Les groupes d'homotopie de $\mathfrak{C}_{n,2}$ sont : $\pi_1 = \pi_3 = 0$, $\pi_2 \approx \pi_4 \approx I_0$. Soient S_0^2, S_0^4 les deux représentants des générateurs de π_2 et π_4. On aura les indices d'intersection :

(3) $$S_0^2 \circ \mathfrak{z}^{4n-2} = 1, \quad S_0^4 \circ \mathfrak{z}_1^{4n-4} = 1, \quad S_0^4 \circ \mathfrak{z}_2^{4n-4} = -1.$$

On déduit de (2) et (3) les propositions suivantes :

a. A chaque système de I_0-classes de cohomologie C^2, C_1^4, C_2^4 dans un complexe K de dimension 4 tels que $C^2 \cup C^2 = C_1^4 + C_2^4$ il existe une application $g : K \to \mathfrak{C}_{n,2}$ tels que

(4) $$g^*\Gamma^2 = C^2, \quad g^*\Gamma_1^4 = C_1^4, \quad g^*\Gamma_2^4 = C_2^4.$$

b. Deux applications $g_i : K^4 \to \mathfrak{C}_{n,2}$ ($i=1, 2$) sont homotopes si et seulement si $g_1^*\Gamma^2 = g_2^*\Gamma^2$, $g_1^*\Gamma_i^4 = g_2^*\Gamma_i^4$ ($i=1, 2$).

Identifions U et E et considérons $\mathfrak{C}_{n,2}$ comme une sous-variété de $\mathfrak{R}_{2n,4}$.

([5]) Ch. Ehresmann, *Sur la théorie des espaces fibrés* (*Colloque de Topologie algébrique*, Paris, 1947).

([6]) Cf. H. Hopf, *Zur Topologie der komplexen Mannigfaltigkeiten*, 11, Courant Anniversary volume, 1948, p. 167-185.

([7]) *C. R. U.R.S.S.*, 47, 1945, p. 322-325.

Soit φ l'application identique de $\mathfrak{C}_{n,2}$ dans $\mathfrak{R}_{2n,4}$. On aura

$$(5)\qquad \mathfrak{r}^{8n-2}\circ[\varphi(\mathfrak{z}^2)]_2 = 1,$$

$$(5)'\qquad \mathfrak{r}_1 \circ\varphi(\mathfrak{z}_1^4) = +1,\quad \mathfrak{r}_1^{8n-4}\circ\varphi(\mathfrak{z}_2^4) = -1,\quad \mathfrak{r}_2^{8n-4}\circ\varphi(\mathfrak{z}_1^4) = 0,\quad \mathfrak{r}_2^{8n-4}\circ(\mathfrak{z}_2^4) = +1,$$

d'où

$$(6)\qquad \varphi^*\Lambda^2 = (\Gamma^2)_2,\quad \varphi^*\Lambda_1^4 = \Gamma_1^4 - \Gamma_2^4,\quad \varphi^*\Lambda_2^4 = \Gamma_2^4.$$

Pour les groupes d'homotopie de $\mathfrak{R}_{2n,4}$ on a $\pi_1 = \pi_3 = 0$, $\pi_2 \approx I_2$, $\pi_4 \approx I_0 + I_0$. Soient S^2, S_1^4 et S_2^4 les représentants de ses générateurs. Alors

$$(7)\qquad S^2\circ\mathfrak{r}^{8n-2} = 1,\quad S_1^4\circ\mathfrak{r}_1^{8n-4} = 4,\quad S_1^4\circ\mathfrak{r}_2^{8n-4} = 0,\quad S_2^4\circ\mathfrak{r}_2^{8n-4} = 1.$$

3. Soit $f: M^4 \to \mathfrak{R}_{2n,4}$ l'application qui induit la structure fibrée sphérique tangente de M. La condition nécessaire et suffisante pour que M^4 admette une structure presque complexe est que f soit homotope à une application de M dans $\mathfrak{C}_{n,2}$. La nécessité de notre théorème est donc évidente, voir (6). Supposons que la condition (1) soit vérifiée. Posons

$$(8)\qquad C_1^4 = W_1^4 + W_2^4 \quad \text{et} \quad C_2^4 = W_2^4,$$

tel que $C^2 \cup C^2 = C_1^4 + C_2^4$. D'après *a*, il existe une application $g: M \to \mathfrak{C}_{n,2}$ vérifiant (4). Il résulte de (1), (4) et (8) que

$$(9)\qquad f^*\Lambda^2 = (\varphi g)^*\Lambda^2,\quad f^{*0}\Lambda_i^4 = (\varphi g)^*\Lambda_i^4 \qquad (i = 1, 2).$$

En utilisant (7) et en remarquant que M n'admette pas de co-torsion de dimension 4, on déduit de (9) que $f \simeq \varphi g$, ce qui démontre que la condition de notre théorème est suffisante.

CHALEUR. — *Sur une grave erreur pouvant entacher la détermination de la constante de temps fondamentale dans certains problèmes de thermocinétique.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Depuis 1935, nous avons appelé l'attention sur l'incroyable facilité avec laquelle on pouvait changer une interprétation théorique, la formule algébrique, d'un type très accusé, qui représentait convenablement l'expérience dans un intervalle même très étendu pouvant, *du fait de l'imprécision*, même modérée, des mesures, être remplacée par une autre toute différente et d'un type tout aussi accusé. Ainsi, dans un très grand intervalle, par la somme de deux exponentielles on représente très bien un logarithme, ou la dérivée du quotient de deux polynomes du premier et du second degré, si utile pour la représentation des expériences; c'est sous ce jour aussi qu'il faut considérer le problème célèbre, si difficile, de l'existence et de la détermination des périodes.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

Il y a là tout autre chose que dans les équivalences *mathématiques* entre théories, signalées par H. Poincaré. Il faut conclure que la Physique, même dans ses parties les plus sûres, s'appuie sans doute sur l'expérience, mais comporte avant tout des idées *a priori*, parfois, il faut bien le dire, toutes naturelles, mais parfois aussi profondément arbitraires, lui donnant ce caractère apparemment subjectif sur lequel nous avons maintes fois insisté. Ce qui fait l'excellence de ces idées *a priori* (grâce à quoi, les savants pouvant avoir d'heureuses intuitions, la Physique est malgré tout bien assise), c'est, non pas leur fécondité, mais la cohérence que, dans des *recoupements* très éloignés, leur ensemble manifeste au cours du temps.

Nous rapportons ici, sur un plan plus modeste, un exemple d'interprétation imprudente d'une expérience, causée par l'allure inattendue d'une courbe à laquelle nous avions eu le tort de prêter une signification objective.

Ayant réalisé un caisson très massif, et calorifugé, pour expériences au froid et à la dépression, nous avions placé le calorifuge à l'intérieur, afin que, la paroi massive n'étant presque pas intéressée au refroidissement, l'établissement du régime fût très rapide. Ce que l'expérience [1] avait confirmé. Or, essayant cette année une théorie plus serrée, nous avons eu la surprise de constater qu'en réalité la constante de temps fondamentale devait rester très longue, malgré l'artifice du calorifuge intérieur. C'est que nous avions commis l'erreur d'interpréter comme une quasi-exponentielle de brève constante de temps une courbe que, par la théorie complète et assez lourde de Fourier (qui suffit ici comme idée *a priori*), on trouve de structure plus complexe.

Au début du phénomène thermique, la variation d'allure est très rapide, par suite de l'intervention des termes supérieurs à brève constante de temps, et cette partie de la mesure est éliminée de l'interprétation comme très complexe. D'autre part, le fonctionnement de la machine à froid n'est pas simple, et la valeur du palier de température atteint est un peu incertaine *a priori*, et il n'est pas sûr que ce palier puisse rester bien constant. Cette double circonstance rendait l'erreur encore plus insidieuse. Montrons qu'on peut effectivement imiter une exponentielle à petite constante de temps par une somme de deux ou trois exponentielles d'amplitude comparable, dont la fondamentale a une constante de temps beaucoup plus longue.

Soit la somme $S = 0,556\, e^{-x} + 0,444\, e^{-4x}$, de constante de temps fondamentale 1.

1. Comparons-la, passé les premiers instants, soit par exemple à partir de $x = 0,1$, à l'exponentielle simple d'amplitude 0,821, et de constante de temps très courte 0,33. La différence s'interprète comme le palier de température, légèrement variable, que peut assurer la machine.

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 680.

x	0,0.	0,1.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1,0.
S	1,000	0,800	0,650	0,548	0,462	0,397	0,345	0,303	0,268	0,238	0,212
Exponentielle	»	0,608	0,450	0,333	0,247	0,183	0,135	0,100	0,074	0,055	0,040
Palier	–	0,192	0,200	0,215	0,215	0,214	0,210	0,203	0,194	0,183	0,172

L'imprécision inévitable des mesures s'accorde bien avec une température de régime de 0,20, et l'on croit observer une constante de temps fondamentale trois fois plus courte que la véritable.

Essayons aussi la loi complexe, de constante fondamentale 1 :

$$S = 0,32\, e^{-x} + 0,4\, e^{-4x} + 0,28\, e^{-16x},$$

pour la comparer, passé les premiers instants ($x \geqq 0,1$) à l'exponentielle simple d'amplitude 0,719 et de constante de temps 0,28.

x	0,0.	0,1.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1,0.
S	1,000	0,614	0,453	0,360	0,296	0,248	0,212	0,183	0,160	0,140	0,125
Exponentielle	–	0,504	0,353	0,247	0,173	0,121	0,085	0,060	0,042	0,029	0,020
Palier	–	0,110	0,100	0,113	0,123	0,127	0,127	0,123	0,118	0,111	0,105

Le palier, situé vers 0,116, est très suffisamment défini, et l'on croit observer, comme constante de temps fondamentale, seulement 0,28 au lieu de 1.

THERMODYNAMIQUE. — *Prévision graphique des équilibres liquide-vapeur et liquide-liquide des mélanges.* Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une thèse récente, j'ai montré comment prévoir les limites de miscibilité de deux fluides, au moyen d'un graphique déduit de l'équation d'état de leurs mélanges ([1]).

La méthode s'applique quel que soit le nombre de constituants. Dans un mélange de n_1, n_2, ..., n_c moles des constituants β_1, β_2, ..., β_c soient $f_1, f_2, \ldots, f_c$ les fugacités de ceux-ci; soient f'_1, f'_2, ..., f'_c leurs fugacités dans un autre mélange. J'ai proposé d'appeler *isodynes* des mélanges de fugacités proportionnelles

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{f'_2}{f'_1}, \ldots, \frac{f_c}{f_1} = \frac{f'_c}{f'_1}.$$

La variance est $c + 2 - 1$: si l'on étudie des mélanges isodynes entre eux, $c - 1$ rapports sont constants : le point représentatif dépend de deux variables et engendre une *surface isodyne*; si la température est constante, il décrit une *ligne isotherme isodyne*.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

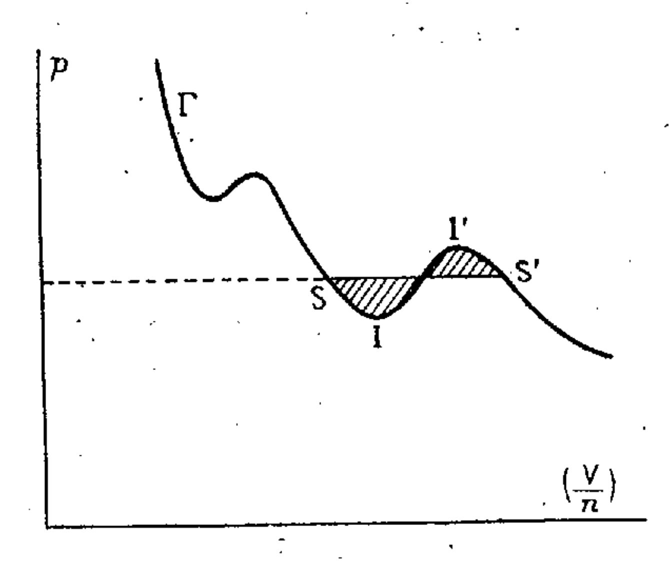
([1]) *Thèse*, Paris, mai 1948 (en cours d'impression).

L'équation d'état donne la pression p en fonction de T (température thermodynamique) et n_1/V, n_2/V, ..., n_c/V (V : volume). Les formules de Gillespie en déduisent les fugacités et leurs rapports

$$\frac{f_i}{f_1} = \frac{n_i}{n_1} \exp \int_{\infty}^{V} \left(-\frac{\partial p}{\partial n_i} + \frac{\partial p}{\partial n_1} \right) \frac{dV}{RT} = \varphi_{1,i}(T, V; n_1, n_2, \ldots, n_c),$$

(R, constante des gaz).

Avec Van der Waals, admettons que la fonction p de T, V, n_1, n_2, ..., n_c est une même fonction analytique pour tous les états fluides (liquides et gazeux) des mélanges étudiés; les fonctions $\varphi_{1,i}$ sont aussi les mêmes. Le long d'une ligne isotherme isodyne, p est fonction d'une seule variable, par exemple $V/n\,(n = n_1 + n_2 + \ldots + n_c)$ représentée par une courbe Γ (*fig.* 1). *Deux*



phases en equilibre vrai sont isodynes (les fugacités y étant non seulement proportionnelles, mais égales); leurs points représentatifs S et S' sont sur la même courbe Γ et y ont même ordonnée p.

Le théorème de Maxwell s'étend aux lignes isothermes isodynes; le segment isobare SS' et l'arc SII'S' de courbe Γ déterminent deux aires équivalentes

$$\int_{SII'S'} \left(\frac{V}{n}\right) dp = 0.$$

En effet, à température constante, la relation de Gibbs et Duhem s'écrit

$$n_1 d\,\mathrm{Log} f_1 + n_2 d\,\mathrm{Log} f_2 + \ldots + n_c d\,\mathrm{Log} f_c = \frac{V}{RT} dp,$$

ou

$$d\,\mathrm{Log} f_1 + \frac{n_2}{n} d\,\mathrm{Log} \frac{f_2}{f_1} + \ldots + \frac{n_c}{n} d\,\mathrm{Log} \frac{f_c}{f_1} = \frac{V}{nRT} dp.$$

L'intégrale du premier membre est nulle parce que f_1 a même valeur en S et en S' et que les rapport f_i/f_1 sont constants.

La connaissance des courbes isothermes isodynes Γ, déduites de l'équation d'état, *permet donc de situer les points représentatifs des phases en équilibre* (²).

ACOUSTIQUE. — *Vers l'unification des gammes inscrites au* Recueil des Constantes physiques. Note de M. **Gabriel d'Alençon**, présentée par M. Henri Villat.

A l'analyse, ces gammes sont l'objet des considérations suivantes :

1° La gamme de *Pythagore*, 21 degrés, et celle des *Musiciens*, presque identique, sont impropres à l'étude psycho-mathématique de l'harmonie, parce qu'elles faussent les rapports de tierce, même dans les modulations.

2° La gamme des *Physiciens*, 21 degrés, à laquelle on peut ajouter les 6 degrés différents de celle de *Delezenne*, au total : 27 degrés, quoique présentant des tierces justes (5/4), ne permet pas la transposition intégrale de la gamme d'Ut dans toutes les tonalités.

3° Enfin, la gamme *tempérée*, conçue pour les instruments à sons fixes, présente des écarts de justesse de 7/11ᵉ à 8/11ᵉ de comma diatonique dans les tierces majeures et mineures; en outre, portée sur le pied de la théorie, elle conduit à des enharmonies équivoques masquant souvent le quart de ton.

Or, les nécessités rigoureuses de la gamme naturelle (corrigée selon notre tradition, par une consonance parfaite en son 4ᵉ degré) imposent à la seule gamme d'Ut majeur à laquelle se rattache son relatif mineur et autres gammes modales, 14 degrés dont 2 diacommatiques, établis sur les trois plans suivants :

1° Plan des Fondamentales et Dominantes : Fa 1, Do 3, Sol 9, Ré 27 et La 81;

2° Plan des Tierces des précédentes : La 5, Mi 15, Si 45, Fa♯ 135, Do♯ 405, auxquelles il convient d'ajouter Sol♯ 1215, sensible de La 81;

3° Plan des Doubles-Tierces : Sol♯ 75, sensible de La 5 ou 80 (gamme orientale), Ré♯ 225, sensible de Mi (en Mi mineur) et La♯ 675, sensible de Si 45 ou 720 (dominante en Mi mineur).

Transposé dans toutes les tonalités, l'ensemble des intonations atteindrait 71, non comprises celles dérivant des modulations dans l'ordre de la tierce,

---

(²) D'après les travaux théoriques et expérimentaux de J. E. Mayer, l'isotherme d'un fluide pur dans le voisinage du point critique ne serait pas une courbe analytique unique : les conditions

$$\frac{\partial p}{\partial V} = 0, \qquad \frac{\partial^2 p}{\partial V^2} = 0$$

définiraient une *petite région*, non un seul point. Les mélanges doivent présenter une singularité analogue, mais la lenteur des démixtions en rend l'observation incertaine. L'hypothèse d'une équation d'état analytique reste à ce jour satisfaisante [*voir* (¹) : ligne critique des mélanges méthane-propane).

envisagées par J.-Ph. Rameau, mais confondues jusqu'ici, dans la théorie courante, avec les modulations dans l'ordre de la quinte.

Considérant d'une part, que ces intonations trop nombreuses se côtoient souvent à la distance minime de la différence entre le comma de Pythagore et le comma diatonique, et que, d'autre part, aucune des gammes précitées n'offre la justesse et la variété désirables, la présente communication a pour but de proposer la gamme suivante qui permet, moyennant l'unification des deux sortes de commas, la création du *Grand Système Parfait* où 36 gammes, répondant aux deux ordres de modulations, trouvent leur exposition sur une échelle réduite à 36 intonations.

La gamme à *Tempérament infinitésimal* repose sur le principe suivant :

Un cycle de 12 quintes justes étant donné, exemple, de Fa 1 à Mi♯3^{12}, puisque d'une part, le premier tiers du cycle, comme tout groupe de 4 quintes, produit une tierce Fa2^6 — La3^4, trop grande d'un comma diatonique 81 : 80, et que, d'autre part, le Mi♯3^{12} excède le Fa2^{19} d'un comma de Pythagore $3^{12}:2^{19}$, on peut donc rectifier cette première tierce en substituant ce Mi♯ au Fa, à condition de résorber sur les 8 quintes qui séparent La3^4 de Mi♯3^{12} (ravalé de 13 octaves) la différence entre lesdits commas, donnant ainsi : Mi♯$3^{12}:2^{13}:d$. Cette différence $d = 3^8 \times 5 : 2^{15} =$ Coef : 1,001129150390625 exact, représentant le tempérament de 8 quintes, ou T^8, peut être donnée pour le 1/12 du comma de Pythagore, puisqu'elle offre une approximation au 1/1000000 avec la $\sqrt[12]{c.P.} = 1,000129890\ldots$, ce qui en fait aussi le 1/11 du comma diatonique, les deux commas étant dans le rapport de 12/11.

Remplaçant d par sa valeur, on trouve juste la tierce :

$$\text{La}\,3^4/\text{Mi}\sharp\,3^{12}:2^{13}:3^8:5\times 2^{15} = \text{La}\,3^4/\text{Mi}\sharp\,3^4\times 2^2:5 = \text{La}\,5/\text{Mi}\sharp\,4.$$

Mais les quatre premières quintes devant subir le même tempérament, résorberont ensemble $\sqrt{d} = T^4$ donné pour le 1/22e de comma diatonique, de sorte que le Fa2^6, montant en Fa$2^6\sqrt{d}$, n'est plus distant de Mi♯$3^4 \times 2^2 : 5$ que de 21/22e de comma diatonique, valeur qui représente à la fois le comma unifié entre comma de Pythagore et comma diatonique et la moité du grand limma, ou *quart de ton*, $L = 128 : 125 = 2^7 : 5^3 = 1,024$ exact, donné pour les 21/11e de comma diatonique, ce que corrobore l'opération suivante :

$$\frac{\text{Mi}\sharp\,3^4\times 2^2 : 5}{\text{Fa}\,2^6\sqrt{3^8\times 5 : 2^{15}}} = \sqrt{2^7 : 5^3}.$$

Ainsi, $\sqrt{L}$ devient la valeur du comma unifié : le comma diatonique, réduit par le tempérament des quatre quintes dont il est issu ; le comma de Pythagore, par le tempérament de 12 quintes.

De même que Mi♯ — La forme enharmoniquement une tierce rectifiée, les trois autres tierces formées par les degrés du 1er et du 3e tiers du cycle, se

trouvent aussi rectifiées comme appartenant à une même progression, chaque quinte étant diminuée de $\sqrt[8]{d}$, soit le 1/88e du comma diatonique, ou le *Tempérament infinitésimal.* (Entre $\sqrt[8]{d}$ et $\sqrt[2]{d}$, se place $\sqrt[4]{d}$, soit le tempérament de deux quintes, ou T^2). Ainsi se trouve constitué le cycle moyen de 12 intonations, où Mi♯ remplace Fa.

Mais la quarte de rupture du cycle $Do 3 \times 2^4 \times T^3$ — Mi♯ $3^4 \times 2^2 : 5$, étant trop grande d'un comma unifié $\sqrt{L}$, cette quarte donne lieu à faire précéder le cycle moyen d'un 2e cycle partant de Fa $2^6 \sqrt{d}$ et à le faire suivre d'un 3e cycle partant de Si♯ $3^5 \times 2 : 5 : \sqrt[8]{d}$, cycles de même nature, soit un triple cycle comportant 36 intonations réparties en 12 groupes de 3 intonations consécutives, espacées d'un comma unifié $\sqrt{L}$, formant ensemble L, ou le quart de ton. Sur cette échelle de 36 intonations viennent se greffer 35 quintes frisant l'absolue justesse et 28 tierces absolument justes, suffisant à l'établissement du *Grand Système Parfait* dont un *orgue diacommatique* vient de présenter la réalisation.

OPTIQUE. — *Nouveau microscope polarisant fonctionnant en lumière convergente jusqu'à la température de* — 150° *environ.* Note (*) de M. **Léon Bouttier**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'appareil rappelle les microscopes métallographiques, mais il en diffère par son mode d'emploi et l'introduction d'un réfrigérant.

Caractéristiques. — La bague filetée C (*fig.* 1) permet d'amener l'objectif au contact du couvre-objet A. La lentille L et l'objectif O forment un système afocal. L'objectif O est un condensateur d'Abbe grand angulaire (95°). En l'absence de cet objectif, l'appareil peut fonctionner en lumière parallèle.

Le microscope peut glisser sur la platine P′ pour permettre la recherche rapide des points donnant en lumière convergente les figures d'interférence connues. Le système polarisant tourne avec la bague filetée B, sans déplacement de l'objectif.

Une goutte d'alcool déposée sur le couvre-objet en empêche le givrage tout en permettant à l'objectif de travailler en immersion. La fente F permet de placer les lames auxiliaires. L'échantillon liquide est placé entre le couvre-objet de 2mm,1 d'épaisseur et une lame de verre noir VN optiquement plane.

Réfrigérant. — L'air liquide est aspiré dans la chambre froide où il se vaporise et se détend. Le débit est réglable par la trompe à eau. L'échantillon est refroidi par conductibilité.

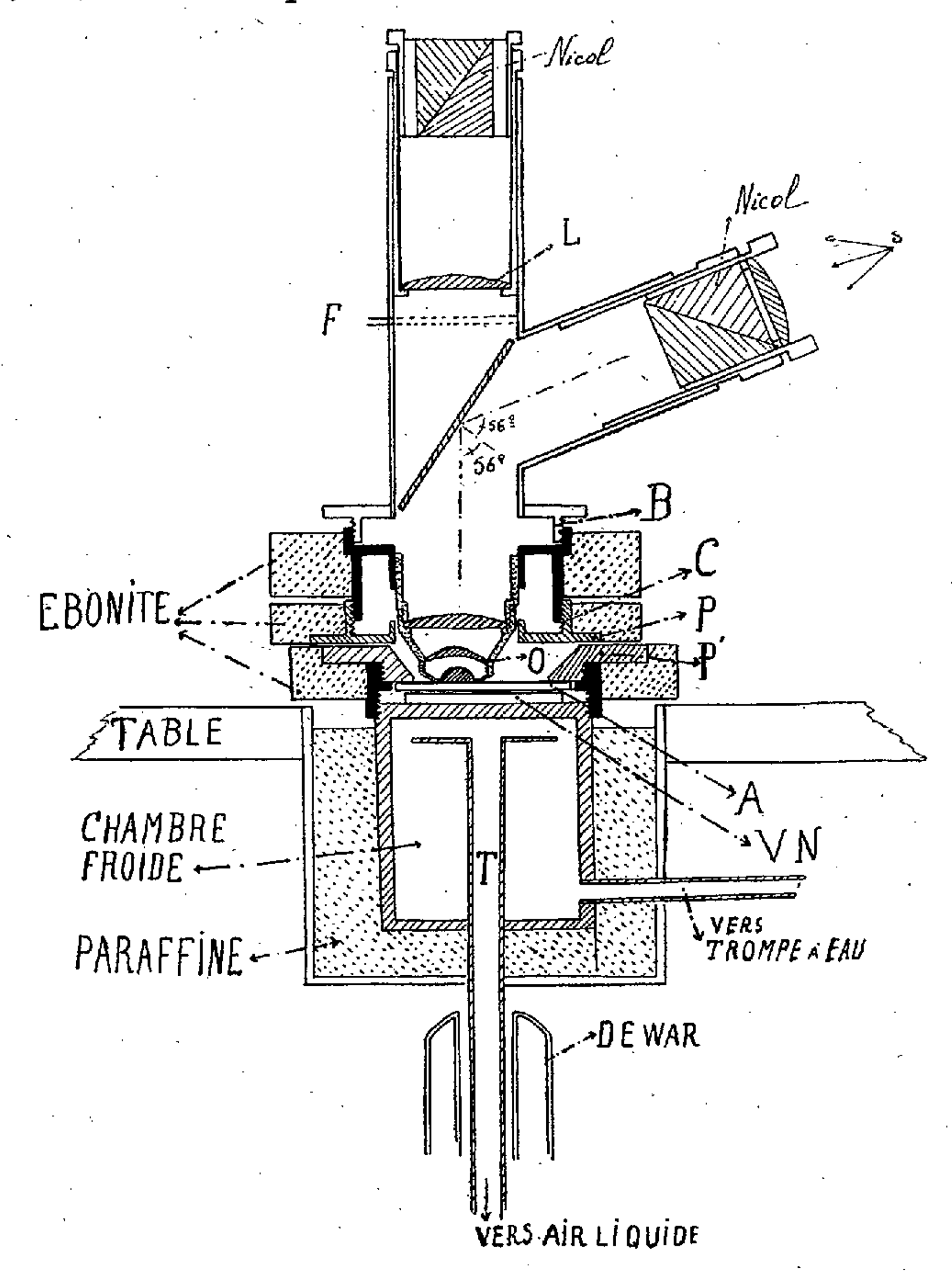
Résultats obtenus à la température ordinaire. — Avec le mica, le nitrate de

---

(*) Séance du 8 novembre 1948.

sodium, l'aragonite, le béryl, les résultats sont identiques à ceux que fournit un microscope polarisant ordinaire fonctionnant en lumière convergente.

Résultats obtenus à basse température sur des corps connus. — 1° C_6H_6 biaxe. $2V = 5$ à 6°, orthorhombique avec pouvoir rotatoire; 2° CH_3COOH biaxe. $2V = 50$ à 55°, orthorhombique.



Résultats obtenus à basse température sur des corps non étudiés. — 3° CS_2 à —112° biaxe. $2V = 60$ à 65°. La dispersion des indices est très faible : on obtient des courbes isochromatiques noires et très fines. La cristallisation est privilégiée, un des axes optiques étant presque toujours perpendiculaire à la lame couvre-objet. Le cristal est probablement orthorhombique; 4° NO_3H à — 41° pur et anhydre est un biaxe. $2V = 55$ à 60°. La dispersion des indices est comparable à celle de la muscovite. Il présente l'extinction droite. Les cristaux sont semblables à ceux du phosphate ammoniaco-magnésien. NO_3H *pur est donc très probablement orthorhombique à l'état cristallisé.*

Critiques de l'appareil. — Sans échantillon et entre nicols croisés le champ de l'appareil est complètement éteint; mais en présence de l'échantillon cristallisé, la face supérieure de celui-ci introduit un peu de lumière elliptique qui

donne une teinte gris blanc dans le champ de l'appareil (même entre nicols croisés), sans toutefois gêner l'observation du phénomène. Les cristaux observables doivent avoir $0^{mm},2$ au minimum. L'observation ne peut durer plus de cinq à six minutes consécutives à cause du givrage.

Avantages. — Malgré les difficultés de manipulation, il permet, avec un peu de patience, de connaître en moins d'une heure, la nature cristallographique d'un corps cristallisant à très basse température. De telles expériences n'ont jamais été réalisées avec un matériel aussi simple.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectroscopique de la décharge commençante dans l'azote, l'oxygène et l'air.* Note (*) de MM. **René Bernard** et **Maurice Peyron**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il semble que la décharge lumineuse dans un gaz raréfié soit devenue trop classique pour que son étude spectroscopique présente encore quelque intérêt, surtout lorsqu'il s'agit de l'oxygène ou de l'azote. Pourtant si la pression du gaz est abaissée entre un et trois centièmes de millimètre de mercure aussi bien dans l'air que dans l'azote pur, la lueur produite au moment où s'amorce la décharge est franchement rouge pourpre puis vire au bleu violacé après une ou deux secondes. C'est ce phénomène fugace que nous avons étudié.

Son spectre contient essentiellement les bandes N_2(1 P) du premier système positif et la série de Balmer de l'hydrogène (résultant de traces d'humidité ou d'hydrocarbures); il diffère nettement de celui de la colonne positive excitée à plus forte pression ($p = 1/10^{mm}$). Dans le tableau suivant nous avons réuni : les longueurs d'onde des maxima relevés au moyen d'un spectrographe Huet à deux prismes donnant 50 Å/mm vers 6000 Å; l'interprétation de ces maxima; leur intensité dans la colonne positive ($p = 1/10^{mm}$); enfin les valeurs correspondant à une décharge commençante et au régime stable sous une pression de 3/100 de millimètre.

			Intensité des radiations dans la décharge.		
				$p = 3/100^{mm}$	
Longueurs d'onde en Å.	Interprétation.		$p = 1/10^{mm}$.	Régime stable.	Début de la décharge.
6563	H_α		20	20	20
6544	N_2(1 P)	(7-4)	20	10	20
6468	»	(8-5)	18	12	20
6394	»	(9-6)	18	10	17
6323	»	(10-7)	17	10	17
6252	»	(11-8)	17	10	12

(*) Séance du 15 novembre 1948.

Longueurs d'onde en Å.	Interprétation.		Intensité des radiations dans la décharge. $p = 1/10^{mm}$.	$p = 3/100^{mm}$ Régime stable.	Début de la décharge.
6188............	N_2(1 P)	(4-0) (12-9)	16	5	7
6118............	»	(13-10)	13	6	7
6071............	»	(6-2)	17	9	13
6013............	»	(7-3)	18	9	15
5960............	»	(8-4)	13	1	9
5906............	»	(9-5)	17	8	17
5854............	»	(10-6)	11	1	12
5804............	»	(11-7)	14	5	9
5755............	»	(12-8)	16	3	9
5705............	»	(13-9)	16	5	2
5612............	»	(15-11)	18	11	1
5566............	»	(16-12) (7-2)	12	4	2
5516............	»	(8-3)	14	6	3
5479............	»	(9-4) (18-14)	16	12	2
5442............	»	(10-5)	7	2	1
5406............	»	(11-6)	8	2	2
5371............	»	(12-7)	9	5	2
5337............	»	(13-8)	5	3	1
5238............	»	(16-11)	15	1	3
5200............	»	(17-12)	18	13	1
5175............	»	(18-13)	11	1	1
5099............	»	(9-3)	14	11	2
5053............	»	(11-5)	11	11	1
5030............	»	(12-6)	12	2	3
4861............		H_β	15	15	8

Les bandes :

	V′ — V″.		V′ — V″.
6544 Å..........	(7-4)	6013	(7-3)
6468	(8-5)	5960	(8-4)
6394	(9-6)	5906	(9-5)
6323	(10-7)	5854	(10-6)

sont particulièrement intenses, tandis que celles des séquences $V' - V'' = 5$ et $V' - V'' = 6$ sont très affaiblies.

Dans l'oxygène la décharge commençante présente une coloration verte intense également très fugace et qui se distingue du spectre de la décharge stable par un renforcement considérable des bandes du système O_2^+;

$$\lambda = 6419\,\text{Å}\ (0-1) \quad \text{et} \quad \lambda = 6026\,\text{Å}\ (0-0).$$

Dans l'air le phénomène est très voisin de celui observé dans l'azote pur

avec toutefois une intensité relative plus grande des maxima situés vers 6400 Å et 6015 Å. Ce renforcement doit être attribué à la superposition au spectre N_2(1 P) des deux bandes O_2^+ précitées.

La grande difficulté de cette étude réside dans le caractère fugace de la lueur. Nous construisons actuellement un matériel qui permettra de préciser ces premiers résultats.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Structure fine du spectre magnétique des rayons α de l'ionium.* Note (*) de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares** et Mlle **Jeannine Vial**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons déterminé pour la première fois le spectre des vitesses des rayons α de Io. Nous nous sommes servis d'une source de Io-Th, mise à notre disposition par Mme Joliot-Curie. Préparée en 1945 par dépôt électrolytique sur platine, son intensité est de 0,28 U. E. S. La teneur en Io était de 27 % (1).

On sait que Io émet des rayons γ (2) et il nous a semblé intéressant d'entre-

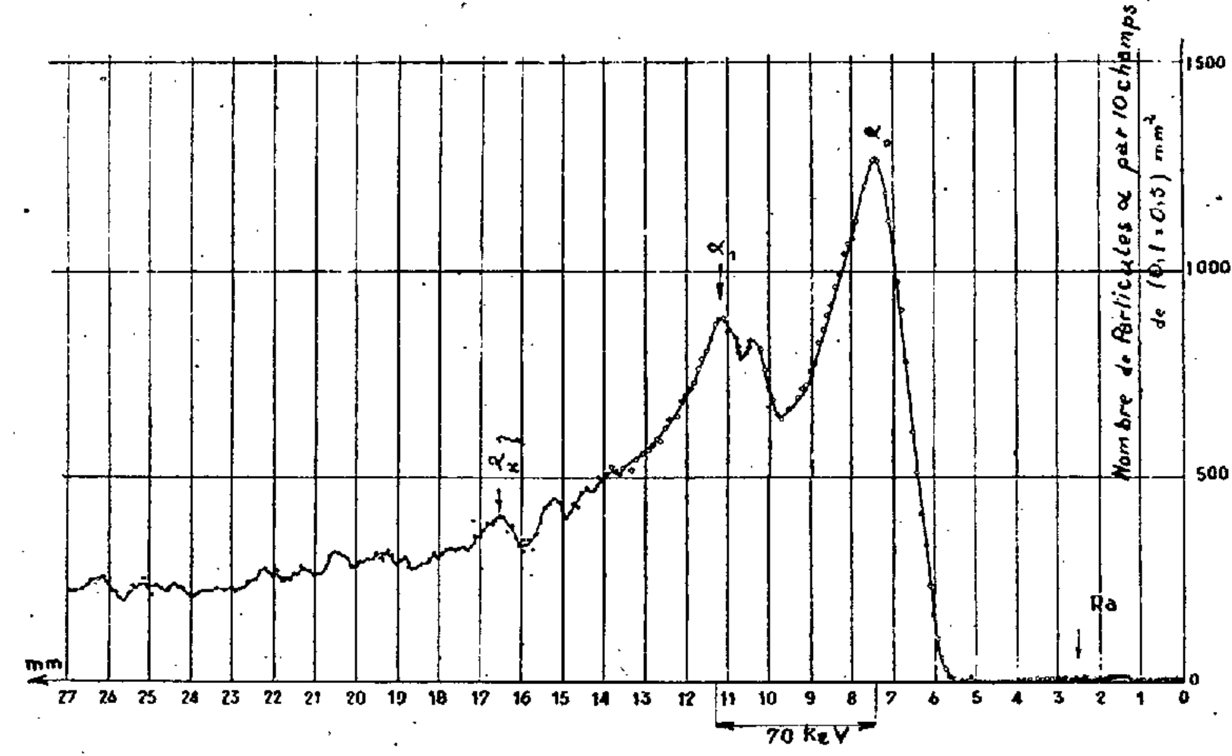


Fig. 1.

prendre l'étude de ce corps en utilisant la technique courante du Laboratoire du Grand Aimant Permanent (3), mais en prolongeant de beaucoup les temps d'exposition. Les temps de pose ont varié de quatre à vingt et un jours. Au bout de quatre jours le spectre de Io est déjà visible à l'œil nu; on voit apparaître deux bandes séparées d'environ 4^{mm}. La figure 1 représente la courbe de

(*) Séance du 15 novembre 1948.

(1) Irène Curie et S. T. Tsien, *Journ. Phys. et Le Radium*, (8), 6, 1945, p. 162.

(2) A. G. Ward, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 35, 1939, p. 322.

(3) S. Rosenblum, *The Transactions of Instruments and Measurements Conference Stockholm*, 1947, p. 86-90.

répartition d'intensité telle que nous l'avons déterminée en comptant le nombre des rayons α à l'aide d'un microscope solidaire d'une machine à diviser.

Nous avons déterminé la vitesse du groupe principal de Io en activant la feuille de platine portant Io dans une atmosphère de Tn et en photographiant simultanément les spectres α de Io et du ThC. Nous trouvons pour le rapport des Hρ des raies α_1 du ThC et α_0 de Io la valeur

$$\frac{\mathrm{H}\rho\alpha_1\,\mathrm{ThC}}{\mathrm{H}\rho\alpha_0\,\mathrm{Io}} = 1,139_9.$$

En admettant pour l'énergie de α_1 du ThC la valeur 6086 keV, on trouve pour l'énergie du groupe le plus rapide de Io la valeur 4682 ± 10 keV. Cette valeur est plus élevée que toutes les valeurs données antérieurement et qui sont basées sur les mesures de parcours; la complexité du spectre α introduit une hétérogénéité supplémentaire des parcours et c'est probablement un parcours moyen correspondant aux deux groupes α qu'on détermine. L'énergie déduite du parcours est sans doute une moyenne pondérée entre les énergies des deux groupes principaux. Les deux groupes rapides sont séparés

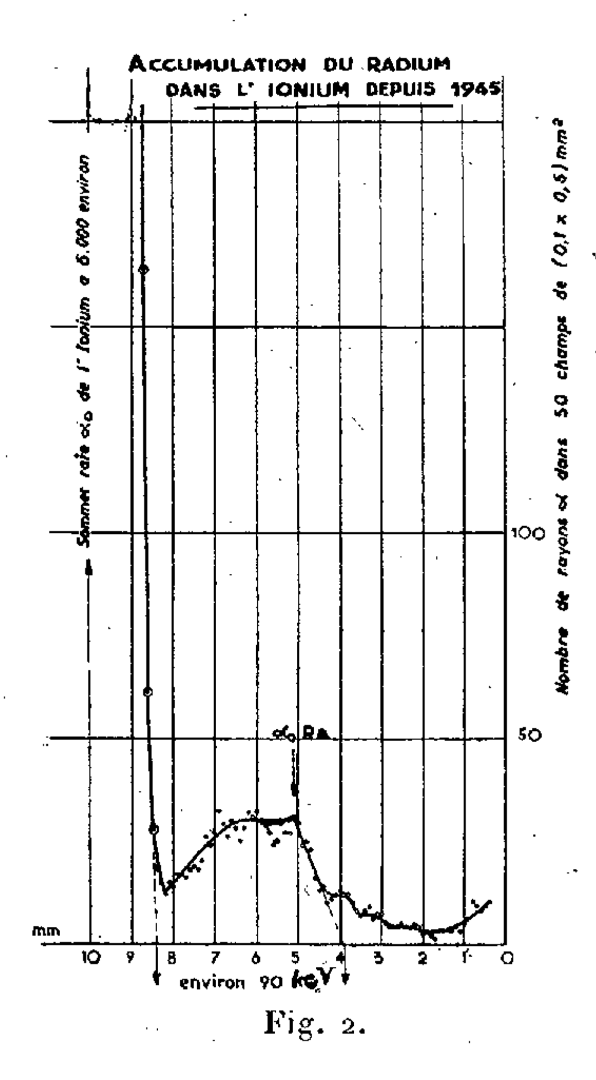


Fig. 2.

d'environ 69 keV; on voit également apparaître un groupe vers 170 keV, mais ce groupe, comme d'autres groupes lents, demande une confirmation ultérieure. La vie relativement longue de Io (80.10^3 ans) oblige à utiliser une source large (2^{mm}), ce qui diminue le pouvoir séparateur du spectrographe. Même pour les poses de 21 jours, le dépouillement des clichés, surtout du côté des faibles énergies, demande beaucoup de temps et le nombre des rayons α comptés est encore fortement influencé par les fluctuations statistiques. Nous

poursuivons le travail, mais il nous semble intéressant de donner ces premiers résultats.

On peut rapprocher les différences $\alpha_0 - \alpha_1 \cong 70$ keV et $\alpha_0 - \alpha_2 \cong 173$ keV des groupes de rayons de 68 ± 1 et 190 ± 20 keV donnés par Ward. Nous espérons ultérieurement pouvoir donner les intensités des différents groupes α, mais les résultats déjà acquis indiquent que le groupe α_1 a une intensité d'un ordre de grandeur comparable à celle de α_0; on doit donc admettre que le quantum de 68 keV est très fortement converti, car Ward a seulement indiqué une intensité d'un photon environ pour 1000 particules α émises. L'étude du spectre β de Io est donc souhaitable. Remarquons que les deux groupes de Io pourraient, d'après l'allure de certaines de nos courbes (non reproduites) être complexes, ce qui aurait comme conséquence l'existence, soit d'un spectre γ mou, soit d'un spectre β assez compliqué.

Notons que la présence du Ra, accumulé depuis trois ans, ressort nettement sur la figure 2. On pourrait d'ici quelques années déterminer directement la vie moyenne du Ra par l'étude de son accroissement. D'autre part, l'intensité du Ra étant de l'ordre du millième par rapport à celle de Io, on peut donc par notre méthode envisager l'examen d'éléments dont la vie moyenne serait de l'ordre de 10^8 à 10^9 années.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence d'un nouvel isotope du radon : le* Rn 218. Note (*) de M. **Robert Walen**, présentée par M. Frédéric Joliot

En 1943, Karlik et Bernert ([1]) ont signalé l'existence dans le Ra A d'un rayonnement α de long parcours (55^{mm},3) présent dans la proportion de 3.10^{-4}. L'explication la plus vraisemblable à tous les points de vue était que ce rayonnement appartenait à l'élément At 218, dérivant du Ra A par embranchement β. Karlik et Bernert, d'après leurs courbes, attribuèrent à l'At 218 une période de l'ordre d'une dizaine de secondes, leurs erreurs statistiques ne permettant néanmoins pas d'être affirmatifs sur ce point. Le spectre α publié a un aspect complexe, la largeur de celui-ci ne pouvant correspondre à un groupe monocinétique.

Nous avons repris cette question afin d'essayer de préciser les points suivants :

L'émission α de l'At 218 est-elle complexe ou simple ?

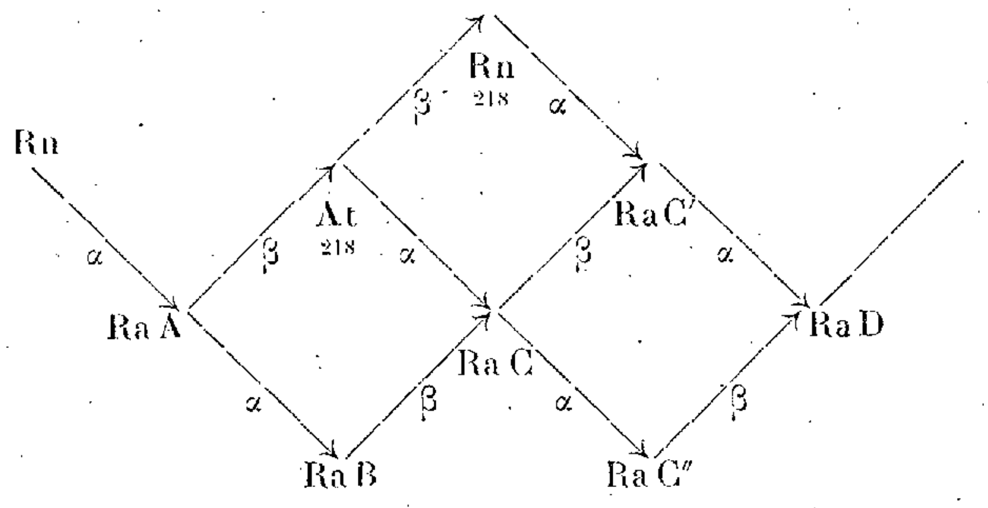
La période est-elle réellement celle indiquée par Karlik et Bernert, puisque c'est la seule preuve expérimentale permettant d'affirmer qu'il s'agit d'un corps autre que le Ra A ?

La complexité du spectre observé ne peut-il pas provenir d'un embranchement β dans l'At 218 donnant naissance au Rn 218, émetteur α ?

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *Naturwiss.*, 31, 1943, p. 298; *Zeit. f. Phys.*, 123, 1944, p. 51.

Ces recherches nous ont conduit à admettre le schéma suivant pour l'embranchement β débutant au RaA :



L'identification du Rn 218 a été conduite de la façon suivante : un dépôt actif propre et peu âgé est balayé par un courant d'air qui est injecté par à-coups dans une chambre d'ionisation reliée à un amplificateur proportionnel enregistreur : on observe après chaque injection d'air la décroissance dans la chambre d'un émetteur α gazeux, de période $1^s,3$. L'identification physique a été faite en faisant traverser par l'air, porteur de l'activité, et mélangé à une trace de radon normal, un capillaire refroidi par l'air liquide : en réchauffant ce tube et en répétant l'expérience précédente, on constate l'apparition simultanée de l'activité nouvelle et de celle du Rn 222 pour une température de $-100°$C. La seule possibilité pour l'émetteur α nouveau est ainsi qu'il soit un isotope du Rn. L'activité initiale est proportionnelle à la quantité présente de RaA, ce qui établit la filiation.

Nous avons en outre cherché à établir que le Rn 218, par émission α, retombe bien sur le RaC' par l'essai suivant : On fait pénétrer brusquement dans une capsule fermée par une fenêtre de mica mince ($2^{mm},5$ air équivalent) du radon débarrassé de toute trace de dépôt actif, et l'on étudie la croissance du RaC' par chambre d'ionisation et amplificateur. On observe dans les premières secondes une intensité plus forte que celle correspondant à la croissance *normale* de cet élément, en bon accord avec l'hypothèse suivant laquelle le Rn 222, et le Rn 218 dérivant du dépôt actif dans l'ampoule de radon, pénètrent ensemble dans la capsule. Étant donné la période de 10^{-4} seconde du RaC', la désintégration α du Rn 218 est pratiquement simultanée avec celle du RaC' qui lui succède, et l'on observe ainsi une courte décroissance α au moment où le rayonnement du RaC' ne fait que commencer. Ces deux composantes sont à peu près à égalité d'intensité vers la 6e seconde de l'accumulation du dépôt actif.

Les deux méthodes utilisées plus haut donnent, à l'équilibre, un rapport αRn 218/αRaA de l'ordre de 2.10^{-7}.

L'étude de l'At 218 a conduit aux résultats suivants :

Le groupe α est simple, avec un parcours moyen de $55^{mm},5$, la bifurcation qui lui donne naissance étant de 2.10^{-4}. La bifurcation β dans l'At 218 vers le Rn 218 est alors de l'ordre 10^{-3}. Un certain nombre de résultats peu clairs

observés par Karlik et Bernert semblent dus à des protons projetés et de transmutation qui se superposent aux rayons α dans la chambre d'ionisation.

Des essais d'identification ont été faits en soumettant un dépôt actif sur feuille de platine, au cours de la mesure, à des chauffages brusques de courte durée. On observe ainsi que le porteur du rayonnement de 55^{mm} est plus volatil que le RaA. Par ce procédé, et par celui de l'observation dès le début du dépôt actif formé à partir du radon, on aboutit à une limite supérieure de quelques secondes pour la période de l'At 218. Le désaccord entre cette limite et celle que l'on peut déduire des courbes de Karlik et Bernert peut provenir, dans le cas de ces auteurs, d'un remplissage, de leur capsule par le radon, ayant une certaine durée, c'est-à-dire d'un instant initial mal défini, ce qui produit un décalage apparent, par rapport au RaC′, des rayonnements dérivant du RaA.

Joint à l'existence de l'isotope nouveau du radon qui ne peut que dériver du RaA, l'ensemble des faits expérimentaux semble prouver l'existence de l'isotope At 218.

RAYONS COSMIQUES. — *Distribution zénithale de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.* Note (*) de MM. **Anatole Rogozinski** et **André Voisin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les mesures ont été effectuées à l'Observatoire de Meudon (altitude 148^{m}), par la méthode d'absorption différentielle, récemment décrite par Rogozinski et Lesage (¹); l'appareillage utilisé (*fig.* 1) ne diffère de celui des auteurs cités que par les points suivants :

a. Chacun des compteurs A, B, C du télescope est remplacé par 2 compteurs connectés en parallèle $A_1 + A_2$, $B_1 + B_2$, $C_1 + C_2$.

b. Le nombre des compteurs G est porté à 6, afin de conserver au télescope une protection efficace contre les gerbes latérales pour les grands angles au zénith.

c. L'épaisseur de l'écran différentiel Q est augmenté jusqu'à 8^{cm} Pb.

Résultats. — Les mesures ont porté sur les angles au zénith de 0°, 30°, 60° et 73° Est. La valeur maximum de 73° a été choisie, afin que les particules venant de l'Ouest ne puissent pas décharger le télescope. Les résultats rapportés ici concernent la distribution zénithale $I(\theta)$ de la composante pénétrante (mésons), filtrée par 6, par 14 et par 22^{cm} Pb. On a effectué également une série de mesures de la distribution zénithale des mésons compris dans des *bandes spectrales étroites* dont la largeur est déterminée par l'écran Q. Cependant, les résultats de ces dernières mesures ne seront communiqués que lorsque leur précision statistique sera suffisamment élevée.

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1027.

θ	P (cm).	I(θ).	$\frac{I(\theta)}{I(o)}$.	P (cm).	I(θ).	$\frac{I(\theta)}{I(o)}$.	P (cm).	I(θ).	$\frac{I(\theta)}{I(o)}$.
0°...	6	150,4 ± 1,8	1	14	145,2 ± 1,7	1	22	133,7 ± 1,5	1
30°...	6	107,5 ± 1,3	0,713	14	103,5 ± 1,6	0,713	22	97,0 ± 1,5	0,726
60°...	6	32,1 ± 0,5	0,220	14	31,7 ± 0,5	0,218	22	28,1 ± 0,4	0,210
73°...	6	10,6 ± 0,5	0,066	14	10,2 ± 0,5	0,070	22	9,5 ± 0,5	0,071

Les résultats obtenus sont réunis dans le Tableau, où $P = P_1 + P_2 + P_3$ (*voir fig.* 1) est exprimé en centimètres de Pb et $I(\theta)$ en nombre d'anticoïncidences ABC — G par heure. Les corrections concernant l'épaisseur des parois des compteurs, l'effet barométrique, l'angle solide fini déterminé par le télescope, etc. ont été apportées aux résultats des mesures.

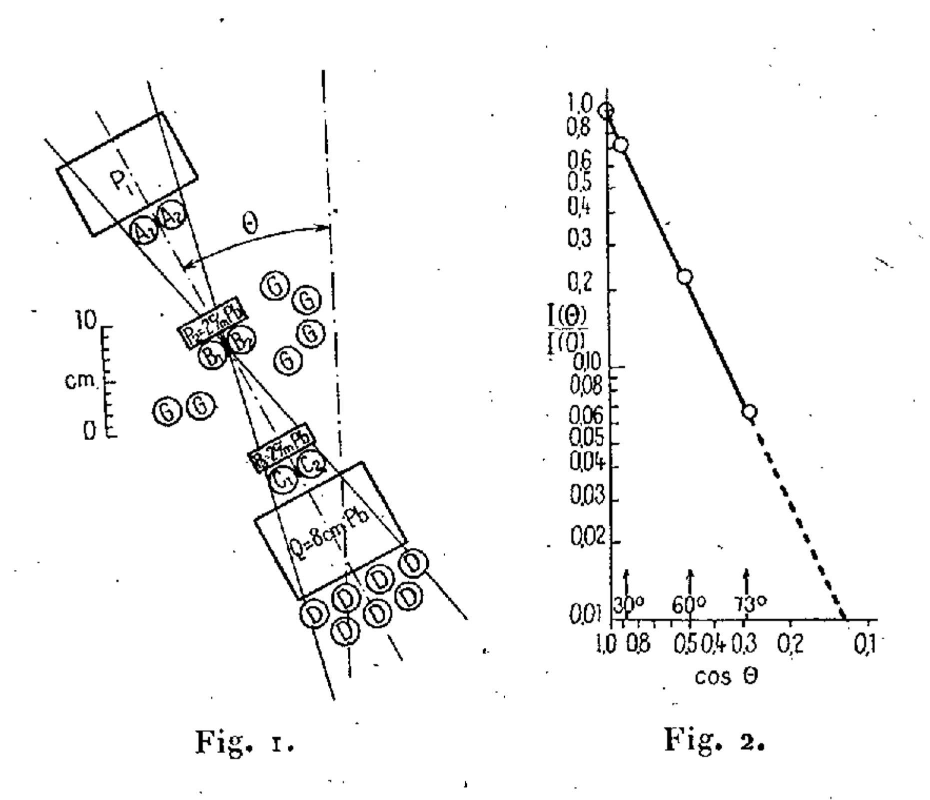


Fig. 1. Fig. 2.

Pour déterminer la loi de la distribution zénithale de la composante pénétrante étudiée, les courbes du rapport $I(\theta)/I(o)$, en fonction de $\cos\theta$, ont été tracées à une double échelle logarithmique (*fig.* 2). On obtient, aux erreurs statistiques près, la même droite présentant une pente égale à $2,20 \pm 0,06$, pour les trois épaisseurs de l'absorbant P. La loi cherchée peut donc se traduire par la relation

$$I(\theta) = I(o) \cos^{2,20}\theta.$$

Il convient de remarquer que, bien que les présentes mesures conduisent à une même loi de distribution zénithale pour les spectres des mésons correspondant, chacun, à l'une des trois épaisseurs de plomb P, il est possible que des mesures considérablement plus précises révèlent des lois légèrement différentes pour les trois spectres. Ajoutons, enfin, que pour le rayonnement d'où la composante gerbigène n'a pas été éliminée on retrouve la loi en $\cos^2\theta$, maintes fois signalée (2).

(2) T. H. Johnson, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 569 et 48, 1935, p. 287; G. Cocconi et V. Tongiorgi, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 850; J. Clay et C. Levert, *Physica*, IX, 2, 1942, p. 158.

Spectre différentiel pour différents angles au zénith. — Les mesures ont permis, en outre, de déterminer plusieurs points du spectre différentiel des mésons pour les angles étudiés. Aux fluctuations statistiques près, les courbes obtenues sont en accord avec celle indiquée par MM. Rogozinski et Lesage (¹), pour la direction verticale.

Mesures complémentaires. — Elles ont été effectuées dans le but de déterminer la fréquence relative des événements, où un méson peut être confondu avec une gerbe étroite ne déchargeant aucun des compteurs G. Dans ces mesures, le télescope était composé par les trois compteurs $A_1 B_2 C_1$ en triple coïncidence; un minimum de deux particules était ainsi nécessaire pour le décharger. Les anticoïncidences $A_1 B_2 C_1$-G traduisirent les gerbes étroites dont la proportion a été trouvée égale à environ 0,1 % du nombre de particules déchargeant le télescope primitif. Un effet aussi minime a donc pu être négligé, sans compter que certaines de ces gerbes étroites se composent, en réalité, d'un méson accompagné d'un électron de collision. Signalons d'ailleurs que ces gerbes étroites consistent, par moitiés, en gerbes pénétrantes et en gerbes molles, ces dernières étant arrêtées par les 8^{cm} Pb de l'écran différentiel.

RAYONS COSMIQUES. — *Quelques propriétés des rayons pénétrants dans les gerbes d'Auger.* Note (*) de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

I. Il ne s'agira pas ici des corpuscules de pénétration moyenne qui ont fait l'objet de Notes récentes (¹), mais de ceux qui sont capables de traverser 15 à 20^{cm} de plomb et qui se distinguent des précédents par un coude net de la courbe d'absorption (²).

M. Auger et ses collaborateurs les ont d'abord assimilés aux mésons ordinaires. En Angleterre et en Italie, divers chercheurs tels que Janossy, Tagliaferri et d'autres (³) furent frappés par la fréquence des coïncidences entre compteurs voisins sous écran et supposèrent que les particules pénétrantes étaient créées dans l'écran absorbant lui-même par les électrons et les photons de cascade. Cette hypothèse permettait de conserver la théorie des cascades photoélectroniques; cette théorie explique, en effet, entres autres la variation avec l'altitude, avec la distance entre les compteurs, etc. (Hilberry, Cocconi).

Mais on ne conserve ainsi la théorie dans l'air que pour l'abandonner dans le plomb, où naîtraient les particules pénétrantes. Une des difficultés de ce compromis est la suivante : la section efficace de matérialisation et de

---

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(¹) Auger, Daudin, Fréon et Maze, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 69.

(²) *Cf.* par exemple, Daudin. *Thèses*, 1942, p. 70.

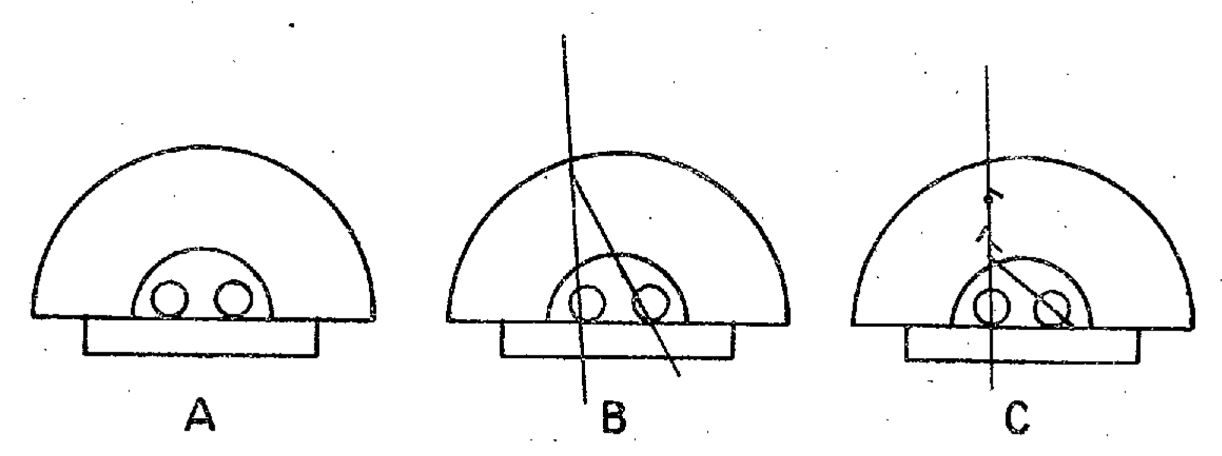
(³) Janossy, *Proc. Roy. Soc.*, 192, 1948, p. 364; Tagliaferri et Salvini, *Nuovo Cimento*, iv, 1947, p. 279.

rayonnement est proportionnelle au carré du numéro atomique. Pour que des particules pénétrantes soient produites dans le plomb et non dans l'air, il faudrait que la section efficace de production soit proportionnelle à Z^α avec $\alpha > 2$ (4).

II. Des expériences plus récentes, ont été faites en Italie avec des compteurs sous écran, séparés les uns des autres par 5^{cm} de plomb. Le nombre des coïncidences entre deux compteurs s'est révélé assez faible pour que ces chercheurs abandonnent l'hypothèse qu'ils avaient avancée et admettent la coexistence de particules pénétrantes de l'air avec des gerbes pénétrantes produites dans l'écran, ce qui d'ailleurs avait été observé en 1943 à la chambre de Wilson (5).

Depuis, Cocconi et Greisen, puis Treat et Greisen (6) ont poursuivi sur ce sujet des expériences nouvelles qui les conduisent à affirmer que les particules pénétrantes proviennent bien de l'air, tout au moins en majorité.

III. Une nouvelle expérience a été faite au Pic du Midi l'été 1948 (2860^m) après avoir été commencée à Bagnères-de-Bigorre, 550^m). Si l'on place dans la même cavité, à côté d'un premier compteur, un deuxième compteur, le tout associé à deux compteurs nus de grande surface éloignés de quelques mètres (1300 à 2000^{cm^2}), le nombre des coïncidences sera un indice du pouvoir gerbigène des particules pénétrantes ou de leur association en gerbes. Comme nous l'avons indiqué en janvier (1) la proportion des coïncidences reste (en accord avec Janossy) sous 19^{cm} plomb de l'ordre de 35 % ou même 40 % au



A. — Dispositif compteurs nus dans la cavité.
B. — Compteurs protégés dans la cavité, particules pénétrantes jumelées.
C. — Compteurs protégés dans la cavité, particules molles arrêtées dans la feuille de 4^{mm}.

Pic du Midi, très supérieure à celle qui est observée dans les mêmes conditions géométriques pour les mésons ordinaires (environ 7 %).

Si nous enroulons autour des 2 compteurs, en une espèce de jumelle, une feuille de plomb de 4^{mm} sans rien changer à la géométrie (*fig.* 1), nous avons

(4) A moins que comme le suggèrent les récentes expériences de Janossy, elle ne soient absorbées dans l'air par désintégration rapide.

(5) Daudin, *Annales de Physique*, **20**, 1945 p. 563.

(6) Cocconi et Greisen, *Phys. Rev.*, 1948; Treat et Greisen, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 414.

une protection supplémentaire de 4^{mm} et entre les deux compteurs une cloison de 8^{mm}. Ou bien les particules qui touchent les compteurs ont une origine lointaine (dans l'air ou dans la profondeur de l'écran), dans ce cas elles sont assez pénétrantes pour que le faible écran supplémentaire soit sans effet, ou bien une partie d'entre elles a une origine très locale, une faible énergie; alors la feuille de plomb pourra absorber notablement les coïncidences.

A Bagnères-de-Bigorre, le nombre des coïncidences est tombé avec la feuille de 4^{mm} de 42 en 543 heures à 19 en 505 heures.

Au Pic du Midi dans les mêmes conditions, de 78 en 111 heures à 78 en 183 heures. Et, avec d'autres compteurs de 62 en 39 heures à 61 en 71 heures.

La décroissance est de 40 % ± 6 %. Donc les compteurs sous plomb sont touchés dans un grand nombre de cas par un rayonnement mou né au voisinage de la cavité.

Les particules pénétrantes des gerbes de l'air sont trop gerbigènes pour être des mésons ordinaires isolés. Elles comportent trop de secondaires mous pour être des mésons en gerbe. Cependant, l'effet de la cloison paraît les rapprocher des mésons isolés pour lesquels la même cloison fait tomber les coïncidences de 7 à 2 %.

Salvini ([7]), en discutant ses expériences et les nôtres, pensait pouvoir reconstituer le pouvoir pénétrant par une combinaison appropriée de particules connues. Mais les particules moyennement pénétrantes sont trop faiblement absorbées, les particules plus dures sont trop accompagnées de secondaires mous pour que l'on n'ait pas des raisons sérieuses de douter du succès d'une telle entreprise. Des particules de masse comprise entre celle du méson et celle de l'électron rendraient compte au mieux de l'absorption et du pouvoir gerbigène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres de fluorescence de sels d'uranyle à la température de l'hydrogène liquide; existence d'une fréquence* 12 cm^{-1} *environ.* (*) Note de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nos recherches antérieures ont porté sur les spectres de fluorescence et d'absorption de sels d'uranyle à la température de l'azote ou de l'air liquide ([1]). Grâce à l'hydrogène liquide préparé au Laboratoire des Basses Températures de Bellevue, nous avons pu étudier (ce qui ne semble pas avoir été fait jusqu'ici) les spectres de fluorescence de l'acétate à $2H_2O$ et du nitrate à $6H_2O$, à la température de — 253°C.

Les spectres obtenus, et surtout celui de l'acétate, montrent un grand

---

([7]) *Nuevo Cimento*, V, 1948, p. 104.

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 543 et 573; **225**, 1947, p. 529; **226**, 1948, p. 332, **226**, 1948, p. 1029.

Nitrate + éther (— 196°).	Acétate (— 253°).	Acétate (— 196°).	Nitrate (— 253°).	Nitrate (— 196°).
		19982		
	20005			
	20038		20024	
	20061		20049	
	20081			
	20094			20100
(19260 + 865)	20136			
	(19285 + 861)			
	20157	20153	**20161**	
(19320 + 865)	20183			
	20210			
(19365 + 865)				
	20246			
	(18539 + 861 × 2)			
	20280	20285		
	(18571 + 861 × 2)			
	20306			20305
	20315			
(19463 + 865)				
(19485 + 865)	**20343**		**20345**	**20345**
	(19498 + 861)			
	20385	20355		
20400	20396	20392		20396
20415	**20422**		20416	20425
20446	(19576 + 861)	20441		
	20455		20459	
20467				
	20485		**20486**	
(19624 + 865)	20494			
20500	(19645 + 861)		20499	20500
20515	(19657 + 861)		20522	
20534	(19669 + 861)			
(19681 + 865)	**20542**			
20561	20559	20563	20557	
(19712 + 865)	20572			
20588		**20588**	**20582**	**20589**
	20601			
20616				
		20627		**20623**
20636	20632			
20653	20660			
	(19814 + 861)			
(19821 + 865)		(19831 + 865)	(19826 + 865)	
20714				
(19872 + 865)	20730	20732		
20766	(19901 + 861)	(20756) Abs.	(19904 + 865)	
(19936 + 865)	20805			

nombre de bandes qui n'avaient pas été observées jusqu'ici (à température plus élevée). Cette complexité ne nous permet de reproduire (Tableau) que les bandes correspondant au premier groupe, de 21 000 à 19 980 cm^{-1} ; les bandes des autres groupes s'en déduiront en retranchant 861, 861×2, ... ; exceptionnellement nous donnons, entre parenthèses, les bandes du deuxième groupe qui n'ont pas de correspondant dans le premier. Nous avons fait précéder les données relatives à l'acétate à $2H_2O$ et au nitrate à $6H_2O$ de celles qui ont été obtenues précédemment ([2]) pour nitrate + éther : il est remarquable, en effet, que ce dernier montre, à — 196°C., la même complexité que l'acétate à — 253°C. L'addition du composé organique produit le même effet que la réduction de l'agitation thermique.

Nous tirerons les conclusions suivantes du Tableau :

1° Comme on devait s'y attendre, les bandes deviennent *plus fines* lorsque la température s'abaisse.

2° En même temps, de *nouveaux niveaux apparaissent, alors que d'autres disparaissent*. Ex., Acétate — 196°C. : 20 588 cm^{-1} ; — 253°C. : 20 601 cm^{-1}.

3° Le parallèle établi entre nitrate + éther, nitrate à $6H_2O$, acétate à $2H_2O$ confirme la possibilité de donner *une classification unique* pour tous les sels d'uranyle.

4° Le résultat le plus important est celui-ci : Nous avions montré (et interprété) précédemment ([1]) l'existence d'un dédoublement de 30 cm^{-1} environ de nombreux niveaux d'énergie. Cependant, il était surprenant que les écarts par rapport à 30 cm^{-1} entre les diverses composantes fussent supérieurs aux erreurs d'expérience. Exemple : $20756 - 20732 = 24$; $20627 - 20588 = 39$, etc. Nous pouvons expliquer maintenant ce désaccord : *La présente étude met en évidence l'existence d'un autre dédoublement, de* 12 cm^{-1} *environ*. Exemple : 20632-20601-20588-20572-20559 donnent respectivement 31, 13, 16, 13 cm^{-1}; 20542-(20530)-(20518)-(20506)-20494-20485 donnent respectivement 12, 12, 12, 12, 9 cm^{-1}. Il faut d'ailleurs rapprocher notre observation de celle de Satyanarayana qui a mis en évidence un dédoublement $865 - 853 = 12$ cm^{-1} dans l'effet Raman du chlorure d'uranyle (combinaison ?).

Les fréquences 30 et 12 cm^{-1} ainsi mises en évidence ont sans doute une origine analogue à celle des bandes de basse fréquence étudiées par Kastler et Rousset; mais il n'est pas exclu que de nouvelles recherches dans l'infrarouge lointain ou dans l'ultrahertzien, et sur les spectres électroniques à — 253°C (avec un plus grand pouvoir de résolution) fassent apparaître d'autres fréquences. C'est alors seulement qu'une classification complète des spectres pourra être donnée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la rigidité des corps solides sur la propagation des réactions à l'état solide.* Note (*) de M. **René Perrin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Je me propose d'attirer l'attention sur un point qui, à ma connaissance, ne me paraît pas avoir été suffisamment mis en relief dans l'étude des réactions relatives à l'état solide. Celles-ci s'accompagnent normalement de variations de volumes; ainsi tout facteur qui s'oppose à une augmentation de volume, s'oppose par là même à la propagation de la réaction génératrice d'une telle augmentation. Or, les poudres ou précipités sur lesquels portent les expériences, si fins soient-ils, ont encore des dimensions importantes par rapport aux mailles de réseaux. La rigidité des particules est donc, surtout pour les corps non plastiques, un facteur de ralentissement pour la propagation de diffusions d'ions, facteur d'autant plus important que la température est plus basse et que l'augmentation de volume, due à une réaction, est plus forte. On peut penser trouver là une raison de l'influence de la finesse des particules et de leur forme sur la facilité des réactions et sur leur achèvement plus ou moins complet, raison s'ajoutant à celle de l'étendue des contacts. Cette même considération de rigidité doit également jouer un rôle dans la nature des réactions, ainsi que dans la nature des cristaux nouvellement formés; il est difficile à une particule de dimensions relativement importantes et rigide de se transformer, en des temps relativement courts, à cœur, par diffusion dans le solide à partir de sa surface, par une réaction accompagnée d'une forte augmentation de volume.

Prenons à titre d'exemple, les composés d'oxydes et, en particulier, les silicates et les minéraux naturels : Goldschmidt a montré que le volume occupé par les atomes d'oxygène dans ces corps représente plus de 90 % du volume total des atomes; le volume occupé par le réseau des atomes d'oxygène détermine donc pratiquement le volume de ces minéraux; Brajnikov a calculé, de son côté, que la concentration en oxygène, c'est-à-dire le nombre d'atomes d'oxygène existant dans 1^{cm^3}, est très variable d'un minéral à l'autre, de 0,322 à $0,731.10^{23}$ dans les minéraux connus. Il résulte de l'ensemble de ces deux faits que la genèse de tels ou tels minéraux ou associations de minéraux dans le solide est obligatoirement influencée par l'ensemble de deux facteurs :

1° La concentration en oxygène dans le solide, où les minéraux prennent naissance, qui existait avant la formation de ces derniers.

2° La plus ou moins grande possibilité qu'a ce solide de se déformer pour adapter sa concentration en oxygène à celle de nouveaux minéraux.

A titre d'exemple, dans la dévitrification d'un verre par recuit, la néocristal-

(*) Séance du 27 octobre 1948.

lisation doit s'adapter à la concentration en oxygène préexistante du verre, celle-ci pouvant être plus ou moins modifiable selon la latitude de déformation laissée au verre. On conçoit aisément que cet ensemble de facteurs peut conditionner, lors de la dévitrification, la genèse, comme l'ont observé MM. Albert Michel-Lévy et Wyart aux mêmes températures, selon le cas par exemple, soit de cristobalite, soit de quartz, dont les concentrations en oxygène sont respectivement de $0,450.10^{23}$ environ et $0,535.10^{23}$ correspondant à des densités nettement différentes.

Les conditions d'expérimentation, lors de la synthèse de tel ou tel minéral, étant toujours différentes de celles qui ont existé dans les roches, je ne pense pas que l'on puisse donc conclure de la nécessité de l'intervention de certains facteurs dans ces synthèses, à leur nécessité parallèle, lors des genèses naturelles. Par exemple, M. Wyart a trouvé nécessaire, pour la synthèse de quartz, à partir de verre, le recuit sous pression d'eau près de la température critique en présence de potasse. Il n'est pas interdit de penser qu'un rôle essentiel joué par l'eau dans ce cas soit de permettre au verre, en l'attaquant, d'adapter sa concentration en oxygène à celle du quartz. Mais, dans les roches, dont les concentrations en oxygène sont voisines de celles du quartz, il ne me paraît pas évident que les mêmes conditions aient été indispensables. L'observation montre, d'ailleurs, la néogenèse de quartz dans des roches certainement restées à basse température.

Je cite ces faits à titre d'exemple, mais il me paraît certain que la plus ou moins grande latitude de déformation laissée à des solides, dans des conditions déterminées, doit avoir une influence sur la nature, la vitesse et l'achèvement plus ou moins intégral des réactions dans l'état solide. Il n'apparaît pas impossible que cette influence soit aussi grande que celle des vitesses de diffusion.

Peut-être faut-il trouver là une explication partielle des facilités très inégales des différentes réactions, indépendamment de leur exothermie et du facteur contact ainsi que de l'influence des changements allotropiques ou de certains catalyseurs, eau comprise, de la pression, de la finesse et de la forme des corps réagissants, etc.

Peut-être aussi est-ce à des considérations de cette sorte qu'est due la difficulté de reproduction par synthèse de nombreux minéraux naturels, tandis que réciproquement sont aisément obtenus par réaction dans le solide des composés inconnus dans les roches.

Il me semble, en tout cas, que cette influence de la dimension des corps, de leur rigidité et des conditions de milieu auxquels ils sont soumis doit toujours être présente à l'esprit, lors de l'étude des réactions dans le solide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la masse moléculaire de substances macromoléculaires à l'aide du tensiomètre à lame dépolie*. Note (*) de MM. **Marcel Abribat** et **Jacques Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

La plupart des substances macromoléculaires peuvent être étalées en un film superficiel monomoléculaire à la surface d'une eau capillairement propre. Cet étalement est obtenu en déposant soit des parcelles extrêmement fines de la substance, soit des gouttes d'une solution diluée. Pour certaines substances, macromoléculaires, les propriétés du film superficiel varient avec les conditions d'étalement ([1]) et, afin d'obtenir un étalement complet conduisant à un film superficiel homogène, il est indispensable de prendre certaines précautions. Celles-ci ont été précisées par Guastalla ([2]) et Joly ([3]) pour les protéines.

Les macromolécules étalées à la surface de l'eau exercent une pression superficielle P qui, par définition, est la différence entre la tension superficielle de l'eau et celle de l'eau recouverte du film. Les mesures de tension superficielle ont été effectuées avec un tensiomètre Dognon-Abribat. Cet appareil, basé sur le principe de la lame immergée, permet des mesures très précises car, par emploi d'une lame de platine dépolie ([4]), ([5]), parfaitement mouillable, il évite toutes les erreurs introduites par un mauvais mouillage de la lame. Celle-ci est fixée au fléau d'une balance électromagnétique. Pour augmenter la sensibilité, nous avons monté sur le pivot de la balance un miroir de Poggendorff et avons mesuré l'intensité du courant traversant la bobine électromagnétique avec un potentiomètre de précision monté aux bornes de la bobine. La sensibilité du tensiomètre Dognon-Abribat ainsi modifié est de l'ordre de 0,004 dyne/cm ([6]), ([7]).

Aux faibles concentrations superficielles (inférieures à quelques dixièmes de milligramme par mètre carré) les molécules disposent de surfaces très grandes par rapport à leurs encombrements propres et se comportent comme des molécules gazeuses. La compression de ces gaz superficiels obéit à une loi dérivée de la loi de Mariotte, en remplaçant le volume par la surface qu'occupe une molécule gramme

$$PS = RT. \tag{1}$$

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) D. J. Crips, *J. Coll. Sc.*, 1, 1946, p. 49 et 160.

([2]) *Cahiers de Phys.*, 13, 1943, p. 5.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 975; *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 285.

([4]) M. Abribat et A. Dognon, *Journ. Phys. Rad.*, VII, 10, 1939, p. 22.

([5]) A. Dognon et M. Abribat, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1881.

([6]) J. Pouradier et M. Abribat, *Journ. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 183.

([7]) J. Pouradier, *Thèse*, Paris, 1948.

En fait, il est nécessaire de tenir compte de l'encombrement propre des molécules et, de même qu'à trois dimensions, il faut introduire un terme correctif par rapport à la loi des gaz parfaits

$$P(S-b)=RT. \tag{2}$$

L'application de cette loi, qui a été vérifiée par différents auteurs ([2]), ([8]), ([9]), à l'aide de manomètres superficiels mesurant directement la pression superficielle, permet de déterminer la masse moléculaire M de la substance étalée $M=k\lim(c/P)_{c\to 0}$.

A 20°, en exprimant c en milligrammes par mètre carré et P en millidynes par centimètre, on a $k=2{,}43.10^6$. Cette méthode, qui a été utilisée pour l'étude des protéines ([2]) et du chlorure de polyvinyle ([10]) a donné d'excellents résultats.

A la différence des auteurs précédents, nous avons étudié les gaz superficiels, non plus avec un manomètre superficiel, mais avec le tensiomètre Dognon-Abribat. Afin de vérifier les valeurs des masses moléculaires obtenues, nous avons étudié, en collaboration avec P. Clément, ces mêmes substances par pression osmotique. Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous :

	Masse moléculaire	
	par la méthode des tensions superficielles.	par osmométrie.
Gélatine de peau déminéralisée, de point isoélectrique 4,7	34 000	39 000
Gélatine fractionnée :		
a. Échantillon léger	17 000	19 000
b. » léger	18 500	19 000
c. » moyen	50 000	56 000
d. » lourd	80 000	110 000
Acétate de cellulose à 54,45 % CH_3CO_2H en solution dans :		
a. L'acétone	40 000	41 000
b. Un mélange CH_2Cl_2 31 % / C_2H_5OH 69 %	38 000	41 000
Triacétate de cellulose en solution dans le chlorure de méthylène	49 000	47 800

La concordance entre les résultats obtenus par les deux méthodes prouve que la technique des tensions superficielles peut être utilisée pour la mesure des masses moléculaires des hauts polymères. Nous avons également mesuré

(8) Adam et Jessop, *Proc. Roy. Soc.*, 110, 1926, p. 423.
(9) J. Guastalla, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241; *Cahiers de Physique*, 10, 1942, p. 30.
(10) J. Guastalla, *Journ. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 184.

les masses moléculaires de ces substances à l'aide d'un micromanomètre à fil tendu de Guastalla, et les résultats obtenus se sont avérés être en excellent accord avec ceux qui sont rapportés ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Diquinol mésodi α-furylé de l'anthracène. Transpositions par l'acide chlorhydrique.* Note (*) de M. **Raymond Brisson**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On a déjà montré ([1]) que l'action de l'acide chlorhydrique, à froid, sur le diquinol mésophénylé α-furylé dihydroanthracénique (I) donne des résultats différents suivant que l'on opère en présence ou non d'alcools. En milieu alcoolique, on aboutit, après ouverture du cycle furannique, aux éthers-sels du (phéno-9′ anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oique (III) alors que, sans alcool, on obtient le (phéno-9′ anthranyl)-2 hydroxy-5 furanne (IV), sans ouverture de l'hétérocycle.

La présente Note se rapporte au comportement du diquinol di α-furylé, le difuryl-9.10-dihydroxy-9.10-dihydro-9.10-anthracène (II). Dans ce cas, les réactions sont analogues à celles du diquinol phénylé α-furylé (I), à cela près, qu'il n'y a attaque, dans les conditions opératoires très douces utilisées, que d'un seul noyau furannique, l'autre ne participant pas à la réaction.

Ar OH
OH
O
Ar = C_6H_5 (I)
Ar = C_4H_3O (II)

a. En présence des alcools méthylique, éthylique et benzylique et d'acide chlorhydrique aqueux on aboutit aux esters d'un acide β-γ-énolique, le (furo-9′ anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oique (VI), instable à la chaleur, cristaux jaunes, $C_{22}H_{16}O_4$, F_{inst} 224°. Les éthers-sels obtenus, colorés également en jaune, correspondent à l'alcool au sein duquel s'est faite la réaction : ester méthylique $C_{23}H_{18}O_4$, F_{inst} 144°; ester éthylique $C_{24}H_{20}O_4$, F_{inst} 124°; ester benzylique $C_{29}H_{22}O_4$, F_{inst} 120°. Les structures proposées s'accordent avec l'analyse centésimale et fonctionnelle (H mobile et alcoxyle), l'allure anthracénique du spectre d'absorption et certaines propriétés chimiques. Parmi celles-ci, la présence d'une fonction éther-sel est démontrée par la saponification en l'acide (VI), le retour inverse de l'acide à chacun des trois éthers-sels et l'alcoolyse.

(*) Séance du 8 novembre 1948.

([1]) A. Etienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 208, 288 et 851.

L'action des magnésiens s'accorde également avec l'existence d'une fonction ester d'acide β-γ énolique; ainsi le bromure de phényl magnésium donne avec les éthers-sels considérés un seul et même corps : le (furo-9' anthranyl)-4 diphényl-1.1 butène-3 diol-1.4, $C_{34}H_{26}O_3$, (VIII), cristaux jaunes, F_{inst} 205°, analogue au dérivé phénoanthranylé (V) déjà signalé.

	Ar = C_6H_5	Ar = C_4H_3O
$-C(OH)=CH-CH_2-CO_2H$	(III)	(VI)
hydroxy-furanne ⇌ lactone	(IV)	(VII)
$-C(OH)=CH-CH_2-C(C_6H_5)_2-OH$	(V)	(VIII)

(IX). (X).

b. En l'absence d'alcool, dans l'éther chlorhydrique, on aboutit au (furo-9' anthanyl)-2 hydroxy-5 furanne, tautomère avec la forme lactonique : cristaux jaunes, $C_{22}H_{14}O_3$ (VII), F_{inst} 168°. Le corps se transforme par les alcalis et par les alcools chlorhydriques à l'ébullition en sel alcalin et en esters du (furo-9' anthranyl)-4 butène-3 ol-4 oique (VI) signalé plus haut. Dans tous ces corps il n'a pas été possible de mettre en évidence, par des réactions spécifiques, la présence du noyau furannique inattaqué et de plus l'oxydation chromique provoque le départ complet des restes en méso avec formation d'anthraquinone.

L'attaque d'un seul des deux noyaux furanniques en méso de la molécule du diquinol (II) ne doit cependant pas nous étonner. Manifestement les deux OH en méso sont très mobiles et, après leur départ, le système tend à se réarranger avec attaque d'un seul noyau furannique pour aboutir à une structure plus stable, à grande énergie de résonance, en l'espèce la structure anthracénique. La stabilité du cycle furannique présent dans la nouvelle molécule est à rapprocher de la résistance aux acides, à froid, du noyau d'autres dérivés furanniques-α substitués. On peut citer spécialement l'exemple similaire du

phényl-9 furyl-10 anthracène (IX), qui a été obtenu par déshydratation, dans les mêmes conditions (HCl avec ou sans alcool à froid), du monoquinol (X) [*voir* (1) p. 288] sans attaque de l'hétérocycle. Toutefois il est probable que la scission pourrait avoir lieu dans des conditions plus rudes utilisées quelquefois pour d'autres dérivés furanniques : acide chlorhydrique concentré à chaud par exemple.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique* alpine *de Belledonne aux abords de la cluse transversale de la Romanche.* Note de M. **Pierre Lory**, présentée par M. Charles Jacob.

Aux flancs de la profonde coupure que la Romanche et son glacier ont pratiquée à travers Belledonne, du Verrou de Séchilienne à celui de Mésage, se placent les coupes auxquelles nous devons la plus grande partie de nos connaissances sur la tectonique des deux massifs ainsi séparés.

Très complexe, celle-ci offre (1) *le style général depuis longtemps signalé par Ch. Lory*, avec les deux modes très différents qu'il affecte dans le Matériel hercynien et le Matériel alpin.

Poursuivant le levé des contours de la Carte géologique dans cette région (feuille Vizille), j'ai indiqué plusieurs fois, la dernière en 1944 (2), l'état de mes observations; celles que j'ai recueillies depuis lors permettent de mieux analyser et de reconstituer plus sûrement cette structure : en voici certains traits.

Tout d'abord, une fois de plus j'affirme que Belledonne, unité orographique, a par contre tectoniquement une *structure binaire*, composée qu'elle est de deux éléments distincts même lorsqu'ils sont jointifs, la *Chaîne principale* et la *Chaîne externe*. En ce qui concerne les tronçons ici considérés, il s'agit d'un fait d'observation, directement contrôlable. La Chaîne externe, c'est au Sud de la Romanche, le petit Massif de la Mure, dont nul ne conteste l'individualité. Par le travers de Laffrey il n'y a pas encore de contact visible entre son *matériel hercynien* et celui de la Chaîne principale (Taillefer), mais vers la cote 800, leur intervalle s'est rétréci à 600^m. Au Nord de la cluse, les entailles des routes ne montrent, jusque vers 800^m aussi, que Schistes cristallins sur et contre Schistes cristallins. Mais cette *cicatrisation* ne traduit nullement un raccord : quand, au-dessus de Faunafray, vers 1 050^m, reparaît la voûte anticlinale de la Chaîne externe, son flanc Est est couvert de menues écailles (micaschistes, Trias, Lias calcaire) détachées de sa surface et légèrement poussées vers le haut par la remontée du front hercynien de la Chaîne interne. En amont et jusqu'au faîte (Collet de Fau Laurent), la surface de traînage de ce même front est garnie de copeaux fort divers et plus grands, qu'il a arra-

(1) G. et B. Choubert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1040.
(2) *Bull. Carte géol., Fr.*, n° 216, 1944.

chés et entraînés sous lui. Plus que jamais, on le voit, les deux unités sont tectoniquement distinctes.

Ce *recouvrement* met en jeu des forces tangentielles dont l'intensité masque l'action de la gravité. Mais à son tour, celle-ci se montre non moins prépondérante sur le versant Sud de la cluse, dans l'évolution de la Couverture.

La Nappe de Couverture du Serre et ses subdivisions. — Le Serre est un très vaste lambeau de la Couverture décollée de la chaîne principale, qui a glissé au flanc de Taillefer sur la surface prétriasique déformée par les mouvements *alpins*, en s'adaptant à la diversité de ses formes et de ses pentes, — de la presque horizontalité des paliers jusqu'à la raideur des gradins et à la presque verticalité du front cristallin. D'où ces conséquences successives : inégalités dans la vitesse (ou la lenteur) de la descente, formation et disjonction de coulées superposées, phénomène qui peut se reproduire à une série de degrés dans la même nappe. Grâce aux restes de Trias qui habituellement en marquent l'extrémité, il est possible de repérer et même de cartographier ces subdivisions primaires et secondaires des nappes (Digitations, Lobules ou Diverticules) : sur le versant Romanche du Serre j'en ai reconnu au moins onze.

Le Filon *dans la conduite Keller.* — A l'amont, la première de ces extrémités est formée seulement d'une dizaine de mètres de dolomie triasique, que la conduite hydraulique Keller rencontra inopinément entre le front de Taillefer, Gabbro épidermisé de Serpentine, et une centaine de mètres de Gneiss chloriteux : or, cette mince intercalation est tout le résidu de l'énorme digitation *Sommet Est — Cochette — Grand Riou*, puissante de quelque 250 mètres, de la Nappe de Couverture.

En 1947 seulement, je me suis avisé de la continuité qui certainement devait exister, sous les dépôts de surface et sous le Gneiss, entre les deux Trias, celui du thalweg du Riou et celui de la conduite. Une visite dans celle-ci, puis de nouveaux affleurements apparaissant grâce à la pluviosité de la saison, m'ont pleinement confirmé dans cette opinion : cette grande côte de Gneiss, qui semble bien enracinée, n'est pourtant qu'une *écaille* entraînée par une Digitation supérieure, laquelle a cisaillé obliquement celle du Sommet Est ; et la dolomie intercalée dans la conduite entre les deux Cristallins se présente ainsi comme l'exact homologue des *filons* décrits en 1897 par P. Termier dans le Pelvoux et dans le prolongement des Rousses.

GÉOLOGIE. — *Interprétation stratigraphique des séries continentales entre Ohanet et Bourarhet (Sahara central).* Note de MM. **Albert F. de Lapparent** et **Maurice Lelubre**, présentée par M. Charles Jacob.

Selon C. Kilian, les séries continentales argilo-gréseuses au Sahara, comprises entre le Dinantien marin et le Cénomanien marin, doivent être réparties en deux complexes distincts : l'un inférieur, le *continental post-*

tassilien, étroitement lié au Dinantien et affecté par les plissements hercyniens; l'autre supérieur, le *continental intercalaire*. On attribue la première série au Carbonifère moyen, tandis que la seconde serait principalement d'âge crétacé inférieur, avec une importante lacune de sédimentation entre les deux. Mais alors qu'au Touat et au Tidikelt une discordance nette les sépare, on éprouve au contraire, plus à l'Est, une extrême difficulté à les distinguer, du fait de la concordance habituelle de l'ensemble et de la similitude des faciès.

Nous avons envisagé le problème dans la région encadrée par l'Erg Issaouane, le Tinrhert, la frontière tripolitaine et le Tassili des Ajjers. A la suite de traversées effectuées, soit suivant la piste Issendjel-Ohanet, soit suivant l'ancienne piste In Akhamil-Hassi Issaouane avec extension à l'Est vers Hassi Bourarhet et jusqu'à In Azoua, nous sommes en mesure d'établir la succession suivante qui donne une coupe de 200^{km} du Nord au Sud, en allant de bas en haut dans l'échelle des terrains.

1. Nous partirons de la *série d'Assekhaïfaf* dont N. Menchikoff a précisé l'âge (Viséen supérieur) par la découverte de *Productus giganteus;* elle est principalement marine, mais admet des grès à *Lepidodendron* déjà reconnus par Foureau.

2. Au-dessus, vient la *série de Bourarhet*, puissante d'environ 200^{m}. Elle comprend des marnes vertes à couches de gypse, alternant avec des calcaires marins jaunes, rouges ou bleutés et des grès clairs. On y trouve : *Productus costatus*, *P. pustulosus* (déterminations G. Delépine), *P. cora*, *P. semireticulatus*, *P. inflatus*, *P. lineatus*, *Spirifer rectangulus*, des Gastéropodes (*Bellerophon*, *Loxonoma*), des Orthocères, des Crinoïdes. Les fossiles sont abondants, mais peu caractéristiques, sauf pourtant *Productus costatus* indiquant le Viséen supérieur (G. Delépine). Les calcaires à *Bellerophon* semblent être le dernier terme marin dans la région; ils constituent la vaste surface structurale qui longe au Sud tout l'Erg Bourarhet.

3. Au Nord de cet Erg, se développe la *série de Tigentourine*, vers l'Ouest découpée en collines, vers l'Est creusée en dépression. Épaisse de 70^{m} environ, elle comporte des grès feuilletés et surtout des argiles rouges et vertes, avec bancs de gypse qui jouent, grâce au climat désertique, dans le relief des Tigentourine.

4. Ensuite, la *série de Zarzaïtine* comprend 120^{m} de grès roses, rouges ou blancs, à stratification entrecroisée. On y rencontre des dragées de quartz; des pilules gréseuses ou *kerboub* mesurant jusqu'à 10^{cm}; des concrétions cylindriques verticales de nature énigmatique; des bois ferruginisés avec sol de végétation, mais point de traces charbonneuses.

Vers l'Est, les séries 3 et 4 ceinturent l'anticlinal de l'Edjelé-Tan-In-Azaoua; elles ont été affectées par ce plissement et montrent des pendages de 10 à 20° suivant les points.

5. Finalement, la série de *Taouratine*, soulignée par une falaise de 50^{m}, comprend des grès-quartzites, des grès à dragées, des psammites feuilletés.

La succession est parfaitement continue; tous les termes en paraissent étroitement liés les uns aux autres et ils ont été affectés par les plissements hercyniens au moins jusqu'à la série de Zarzaïtine inclusivement. Nous sommes donc inclinés à rapporter les séries 3, 4 et aussi 5, au *continental post-tassilien*.

En concordance au moins apparente sur la série de Taouratine, vient un ensemble d'argiles rouges et vertes, épais de 180 à 200^{m}, qui se subdivise ainsi :

1. A la base, des marnes vertes, sableuses, alternant avec des grès et graviers à ossements de Vertébrés. Un important gisement, à 15^{km} au Sud d'In Akhamil, a fourni une faune de poissons et de reptiles analogue à celle du *continental intercalaire* connue du Sud Marocain à l'Égypte et considérée comme crétacé inférieur : *Platyspondylus Foureaui, Onchopristis numidus, Ceratodus africanus*, grand *Lepidosteus*, Crocodiles, dents de *Megalosaurus*, fémur de Sauropode, et du bois de palmier silicifié.

2. Immédiatement au-dessus, on a observé en plusieurs points, intercalés dans des argiles rouges et vertes, deux bancs de calcaire sableux jaune clair à moules de Lamellibranches : *Exogyra* du groupe *Boussingaulti*; des Corbulidés, rappelant *Ursirivus*; des Mytilidés, *Adula* et probablement *Cuneolus*; un Vénéridé, évoquant *Eocallista*. Tous ces genres sont marins, littoraux ou d'estuaires, et connus au Crétacé. Un autre moule paraît comparable au Tancréidé portlandien *Eodonax*. L'ensemble de cette faunule se situerait assez bien dans le Crétacé inférieur (déterminations A. Chavan).

3. Vient alors une falaise, haute de 120^{m} en moyenne, d'argiles rouges et vertes avec couches de gypse. Au-dessus, commence le Cénomanien supérieur marin à *Neolobites Vibrayei*.

Ces observations confirment entièrement les idées de C. Kilian sur l'existence, dans les Grès de Nubie *sensu lato*, de deux complexes continentaux séparés par des mouvements orogéniques.

D'une part, le *continental post-tassilien* est maintenant bien défini depuis le Touat, le Nord-Est de l'Ajjer, le Sud (Monts Doumergue) et le Sud-Est du Fezzan, jusqu'au Désert lybique.

D'autre part, le *continental intercalaire* comporte peu de grès dans la région d'Ohanet. On y trouve une faune et une flore suggérant un âge crétacé inférieur. L'indication de brèves incursions marines vers la base de cette série, réputée purement continentale au Sahara algérien, est un fait nouveau à retenir.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur des phénomènes actuels de sédimentation le long des côtes guyanaises*. Note de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Lorsque, venant des Antilles, on s'approche en bateau du continent sud-américain, une mer bleue et transparente fait place presque sans transition, au Sud-Est de l'île de la Trinité, à des eaux d'un gris brunâtre. Le survol des Guyanes et de la partie Nord du Brésil permet de voir que les eaux chargées de vase forment un liséré continu, large de dix kilomètres environ et long de plus de deux mille kilomètres, depuis l'embouchure de l'Orénoque jusqu'au delta de l'Amazone.

Sur toute cette immense étendue, le littoral est plat, gorgé d'eau et traversé par d'innombrables cours d'eau sinueux qui, à travers un front de palétuviers, se créent péniblement un chemin vers la mer. Entre les palétuviers et la forêt vierge qui couvre l'intérieur du pays, s'étendent des bandes parallèles de savane, séparées entre elles par d'étroites galeries forestières.

Si l'on compare aux cartes actuelles celles de la fin du XIXe siècle, on constate que les côtes ont avancé, en moyenne, de 10 à 15 kilomètres depuis quelque quatre-vingts ans. De multiples observations permettent d'affirmer que cette différence n'est pas due à des erreurs, mais bien à un apport de vase qui, par endroits, déplace rapidement le rivage : la pointe Béhague, la pointe Acoupa à l'embouchure de la rivière de Kaw, de même que la pointe des palétuviers à l'embouchure du Sinnamary, progressent de 100 à 150 mètres par an; la pointe Isère, à l'extrémité de l'estuaire de la Mana, a gagné 2000 mètres environ au cours des dix dernières années.

A marée basse, on aperçoit une zone d'accroissement encore plus récente, faite de vase molle où la végétation n'a pas encore pris racine, et qui peut atteindre plusieurs centaines de mètres de largeur.

Non seulement cet envasement progressif entraîne de grosses difficultés pour la navigation, mais il crée également, à l'embouchure des fleuves, des hauts fonds qui gênent l'écoulement normal des eaux et provoquent l'inondation de l'arrière pays sur de vastes surfaces. Les profondeurs, près des côtes, oscillent autour de un mètre à partir du zéro des cartes et ce n'est que dans les estuaires qu'elles sont légèrement accentuées par les courants fluviaux; des fonds de —6 et au-dessus existent à l'embouchure du Mahury et de la rivière de Cayenne. Sur toute l'étendue des côtes, l'envasement se produit d'Est en Ouest, c'est-à-dire dans le sens des alizés et du courant équatorial.

Cet apport de vase a également pour conséquence la déviation des estuaires vers l'Ouest et l'allongement inusité de leur rive droite parallèlement à la ligne du rivage, de telle sorte que deux fleuves, qui avaient auparavant des embouchures distinctes, peuvent ainsi se trouver réunis. Ce curieux phénomène de géographie physique pourrait être appelé *confluence côtière par barrage sédimentaire*. Les exemples les plus typiques sont la capture de la crique Angélique par la rivière de Kaw et, au Surinam, les confluences plus anciennes de la Commewijne par la Cottica et du Surinam par la Commewijne. Si le processus persiste, la Mana aura, dans une vingtaine d'années, récolté le Maroni.

Deux causes semblent être à l'origine de la sédimentation : 1° le considérable alluvionnement de l'Amazone (et, plus à l'Ouest, de l'Orénoque et des fleuves secondaires), rabattu vers les côtes guyanaises par les courants marins et les vents dominants; 2° le lent mouvement épirogénique positif de toute cette partie de l'Amérique du Sud, dont la preuve est fournie par la présence de dépôts marins quaternaires à une distance notable des côtes. Des sables marins, recouvrant des lumachelles à faune presque actuelle, existent au Surinam à une trentaine de mètres d'altitude et à 25^{km} environ à l'intérieur des terres. Dans l'île de Cayenne, on recueille des débris de coquillages à 6^{m} environ au-dessus du zéro des cartes et, sur le flanc des collines, sont accrochées des terrasses marines se succédant de deux mètres en deux mètres, la plus élevée étant située à 45^{m} d'altitude. Plus haut encore, on trouve d'anciennes surfaces

d'érosion (ou d'abrasion ?), telles que le plateau du Mahury dont la *table* se trouve à 170^m.

Le mouvement épirogénique dont il vient d'être question se manifesterait au moins depuis le début du Quaternaire, sans être toutefois continu, ce que montrent des immersions passagères dont témoignent certaines formations continentales enfouies sous plusieurs mètres de sable ou d'argile. Il s'est certainement fait sentir plus tôt au Surinam, où les dépôts côtiers peuvent déjà être cultivés, qu'en Guyane française, où la vase est à peine fixée par les palétuviers. On peut en déduire que le bouclier guyanais a subi un certain gauchissement.

L'étude détaillée de cet exemple de sédimentation, qui ne se produit pas seulement à l'embouchure des fleuves, mais atteint ici une ampleur exceptionnelle, pourrait donner des indications précieuses sur certains aspects du processus de la sédimentation.

GÉOLOGIE. — *La paléogéographie du Massif vendéen pendant le Jurassique.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Charles Jacob.

Préoccupé depuis de nombreuses années de la paléogéographie du Lias en Vendée, j'ai toujours cherché, en profitant des révisions des cartes géologiques au 80000e, à reconstituer le plus exactement possible les lignes de rivages des anciennes mers d'après les phénomènes littoraux. On sait que de telles reconstitutions sont toujours délicates, car les limites actuelles d'affleurement sont des limites d'érosion.

I. *Lias.* — A l'Hettangien, la mer n'envahit que le Sud du Massif primaire de Vendée, allant en gros de Saint-Maixent aux Sables-d'Olonne, formant à partir d'Ardin un golfe profond à l'intérieur de la fosse de Chantonnay. La mer s'avançait d'autre part entre Olonne et l'Ile d'Yeu, déposant des couches à *Mytilus* au Hâvre de la Gâchère. Cette mer était très peu profonde avec une faune de Lamellibranches et de Gastéropodes, quelques Échinides, sans aucun Céphalopode. De nombreux îlots restaient émergés autour de Niort (Fressines) et de Fontenay-le-Comte (La Couture), et ils ne furent submergés qu'au Charmouthien. A l'Hettangien, la côte s'allongeait parallèlement aux plis hercyniens. La Forêt de l'Hermitain, l'Enclave de la Martinière et Melle étaient sur une île importante, tandis que la Forêt de la Saisine constituait un cap entre Saint-Maixent et Menigoute. La mer occupait par contre le Synclinal de Saint-Maixent.

Le Domérien marque l'ouverture du détroit poitevin, mais en plus de ce fait classique, la mer réalise des gains importants dans le Talmondais et surtout en Gâtine où le front de mer, fixé à Ardin, Champdeniers, Saint-Maixent et Menigoute à l'Hettangien, passe ensuite par La Chapelle-Thireuil, Allonne, Beau-

lieu-sous-Parthenay, Reffannes, Lhoumois, c'est-à-dire par les environs immédiats de la ville de Parthenay.

Comme indices du rivage à noter : dans la carrière de la Lande au Nord de Clavé, le Charmoutien (habituellement en calcaire saccharoïde) est représenté par un grès blanc, tandis qu'à Reffannes on observe d'importants conglomérats renfermant de gros galets de quartz avec des fragments de rostres de *Belemnites* très usés. La transgression se produit partout du Sud vers le Nord.

Le Toarcien développe un curieux mouvement tournant, prenant le massif vendéen à revers par le glacis de Thouars. La transgression se fait de l'Est vers l'Ouest, de Thouars vers Argenton-Château et Cholet, pendant l'héméra à *Hildoceras bifrons*. Le Toarcien a dû recouvrir les environs de Parthenay, fournissant l'argile bleue noire remaniée dans le Sidérolithique de Viennay. Le front de mer descend du Nord de Doué-la-Fontaine sur Argenton-Château, Louin, Viennay, Allonne, Ardin.

II. *Dogger*. — Le Batbonien continue les transgressions du Lias en Vendée. F. Wallerant [1] a déjà signalé les amas de silex noirs (perforés par les lithophages) parsemant le granite de Noirterre et des environs de Bressuire, silex identiques à ceux qui sont contenus dans le calcaire bathonien de la cimenterie d'Airvault-sur-Thouet. F. Wallerant n'a donné que des arguments lithologiques; or, à Gourgé, dans les amas considérables de silex remaniés par le Sidérolithique à l'endroit où le Dogger commence à être décalcifié, j'ai trouvé une empreinte de *Trigonia* qui nous apporte un argument paléontologique manquant jusqu'alors. Représentant le résidu de décalcification de tout le Dogger, les silex forment des dépôts très étendus sur le plateau des Brandes entre Maisontiers et Chiché, à mi-chemin entre Bressuire et Parthenay. Ce gisement, inconnu de F. Wallerant, permet de fixer l'extension de la mer depuis Doué-la-Fontaine jusqu'à Vasles par Bressuire et Parthenay. Tous les plis sud-armoricains de la Vendée ont été pris en écharpe et la Gâtine a été recouverte en grande partie. La direction de cette transgression sur le Bocage vendéen est de l'Est vers l'Ouest, d'Airvault vers le cristallin.

Entre ce littoral Sud-Ouest du Bassin de Paris passant par Doué-la-Fontaine, Bressuire, Vasles et le golfe de Chantonnay, dépendance du Bassin d'Aquitaine, il ne restait émergée qu'une bande de terres assez restreinte : le Haut Bocage avec le massif de granite de Pouzauges, Saint-Michel-Mont-Mercure et les crêtes de grès armoricain de La Châtaigneraie et de Saint-Pierre-du-Chemin. Ces dernières régions sont en effet dépourvues de tout résidu siliceux du Jurassique. Vers le Sud-Est les arêtes synclinales de Silurien s'ennoyaient sous la mer dès le Domerien à partir de la Forêt de Secondigny.

Le littoral du Bathonien déborde beaucoup à l'Ouest celui du Toarcien et il

---

(1) *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 1004.

correspond dans les Deux-Sèvres au maximum de la transgression jurassique sur les granites. La différence est notoire avec ce qui se passe dans l'Est du bassin de Paris, où le dépôt des *schistes cartons de Lorraine* marque au Toarcien le plus grand développement du domaine marin.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitoclasique de l'aminothiazol* (*base*). Note (*) de MM. **Guy Deysson** et **Serge Laya**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons mis en évidence, pour l'aminothiazol, des propriétés mitoclasiques dont les modalités ont été étudiées sur les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa* L., en suivant la technique quantitative de l'un de nous [1]. Voici les faits observés.

1. *Concentration de* 0,25 %. — L'allongement des racines cesse dès les premières heures et l'on note ultérieurement un brunissement net de la zone sus-méristématique. Après 14 heures, l'action stathmocinétisante est totale et s'accompagne d'une action mitodépressive très marquée (29 cinèses seulement dans l'ensemble d'un méristème, 23 dans un autre); parmi les cellules à l'état de repos, on observe un grand nombre d'anomalies, portant à la fois sur les noyaux et sur le cloisonnement, et témoignant que ces cellules ont été le siège d'hémicinèses (dysfonctionnement du fuseau); ces cellules provenant d'hémicinèses sont, par exemple, au nombre de 1264 dans une préparation, soit 5 % de l'ensemble des cellules du méristème. Les stathmocinèses en cours s'achèvent ultérieurement et, après 62 heures, il n'y a plus aucune image cinétique; les *traces* d'hémicinèse ont évidemment persisté. De plus, on observe, chez de nombreux noyaux, un début de pycnose.

2. *Concentration de* 0,20 %. — L'allongement des racines est de 1 à 2^{mm}, puis cesse. On observe ultérieurement dans la zone susméristématique, un brunissement et une tuméfaction très faible, mais nette. Après 14 heures, l'action stathmocinétisante n'est pas encore totale, cependant que l'action mitodépressive est déjà marquée; on observe par exemple, dans un méristème, 100 cinèses dont 25 % sont normales et 2 % des tropocinèses; les hémicinèses représentent 41 % des anaphases et 66 % des télophases; les stathmocinèses : 64 % des métaphases et 41 % des anaphases. Les cellules provenant d'hémicinèses sont nombreuses (820 dans un méristème). Après 62 heures, toutes les cinèses ont disparu, mais les noyaux quiescents ne montrent pas encore de pycnose.

3. *Concentration de* 0,18 %. — L'allongement des racines n'est pas plus marqué que pour la concentration précédente; on observe encore un brunissement subterminal très léger. Après 21 heures, l'action mitodépressive est importante; on observe, par exemple, 224 cinèses seulement dans un méristème, et l'étude de leur répartition nous révèle que nous sommes ici exactement au début de l'action stathmocinétisante totale : les métaphases sont, en effet, toutes des stathmocinèses, tandis que les anaphases comprennent 50 % de stathmocinèses et 50 % d'hémicinèses, et les télophases : 7 % de stathmocinèses et 93 % d'hémicinèses. Les cellules provenant d'hémicinèses sont également nombreuses (1080 dans un méristème). Après 69 heures, on n'observe plus aucune mitose.

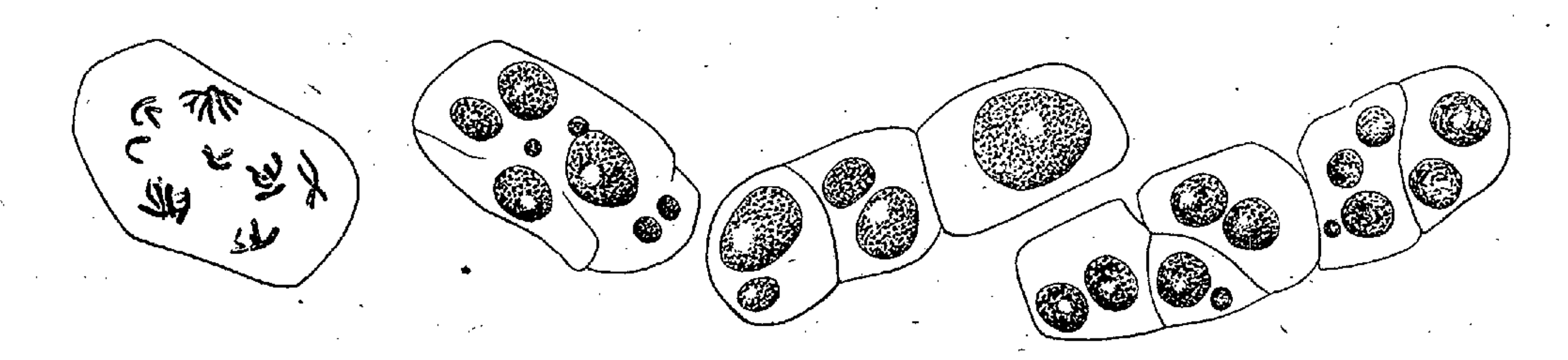
(*) Séance du 8 novembre 1948.

(1) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (*État*), Paris, 1948.

4. *Concentration* de 0,15 %. — L'allongement des racines est ici un peu moins brutalement inhibé. Au point de vue cytologique, les méristèmes ne diffèrent guère des précédents que par une diminution sensible du nombre des cellules provenant d'hémicinèses (on en a observé 170 dans un méristème, 130 dans un autre), ce qui indique qu'ici les anomalies cinétiques ont apparu plus tardivement. Après 69 heures, on observe encore quelques cinèses, toutes anormales (hémi- et stathmo-).

5. *Concentration de* 0,12 %. — L'allongement moyen des racines est de 4^{mm} en 21 heures (témoins 7^{mm}). Les cinèses sont alors pratiquement toutes normales; on relève, dans deux méristèmes, les proportions suivantes : cinèses normales 85 et 85,5 % ; tropocinèses 13 et 12 %, ce qui est normal pour l'objet utilisé ([2]) et stathmocinèses 2 et 2,5 %. Les cellules provenant d'hémicinèses sont également exceptionnelles (2 dans l'ensemble d'un méristème, 3 dans un autre). L'action mitoclasique est donc pratiquement nulle; l'index mitotique est cependant fortement abaissé et témoigne d'une action mitodépressive très importante (il passe, en effet, à 14 et 16 ‰, contre 69 et 61 chez les témoins correspondants).

Cette étude apporte donc une confirmation nouvelle aux conclusions précédemment émises par l'un de nous sur le *syndrome mitoclasique* ([1]). Comme dans toutes ces expériences antérieures, nous constatons que l'action mitoclasique est inséparable d'une action mitodépressive. Le seuil de l'action mitodépressive apparaît ici très nettement avant celui de l'action mitoclasique. Des résultats comparables ont été antérieurement obtenus avec le camphre ([3]). Mais, dans les deux cas, les premiers troubles mitotiques observés sont



différents. Le camphre paralysait d'abord électivement le phragmoplaste, tandis que l'action mitoclasique de l'aminothiazol se manifeste en premier lieu par une dispersion marquée, une sorte de *pulvérisation* du fuseau, aboutissant à la formation de plusieurs noyaux inégaux; dans de telles cellules, le cloisonnement, bien qu'évidemment très troublé, n'est cependant pas totalement inhibé (*fig.* 1). D'autre part, on peut observer un effet stathmocinétisant total avant la disparition des cinèses. Enfin, ce n'est que dans le cas d'un traitement subléthal que l'aminothiazol provoque une très faible tuméfaction des racines.

([2]) G. DEYSSON, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 95, 1948, séance du 18 juin.

([3]) M. MASCRÉ et G. DEYSSON, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 92, 1945, p. 103 et G. DEYSSON, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 568.

BIOLOGIE. — *Compétition ou entr'aide au sein de l'espèce et de la race. Le cas des germinations de* Cinchona. Note de M. **Roland Portères**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Biologie différentielle dans les germinations de Cinchona. — Les semences de *Cinchona*, 3000 au gramme, perdent très vite leur faculté germinative : 50 % à 5-6 mois en flacons bruns hermétiques. Les conditions des germoirs défavorisent encore leur longévité où elles souffrent d'être recouvertes au semis.

A densité 0,5-1,0 gramme au mètre carré, la levée, brutale et régulière a lieu à trois semaines et se termine en huit jours à 80-85 %. Après 2-3 mois on dépique les plantules pour transplantation. Durant cette période et plus tard, *on n'observe aucune levée nouvelle.*

A densité 4-6 grammes au mètre carré, mêmes caractéristiques de levée mais à 50-55 %. Après 2 mois, tous les 15 jours, puis les 1-2 et 3 mois, on dépique. Après chaque prélèvement de plantules *se produit une levée nouvelle.* Le phénomène s'observe pendant 6, 12, 18 mois et même 2 ans.

Interprétation A. — La levée très drue en semis *dense* fait spatialement obstacle à une levée totale. Le développement ultérieur limite de plus en plus les possibilités de levée des semences restantes. A chaque dépiquage se créent des places vides que comblent aussitôt de nouvelles germinations. Il y a donc *lutte* pour le maintien d'un espacement déterminé.

Interprétation B. — Des sécrétions radiculaires inhibitrices de germination sont produites et libérées dans le sol, à concentration d'autant plus élevée qu'il y a plus de plantules (que le semis est plus dense). Chaque dépiquage abaisse le taux de cette concentration. Il y a *aide* des plantules en faveur des semences en excès, les maintenant en vie latente (que les conditions du germoir soient favorables ou non à la germination) alors que livrées à elles-mêmes elles perdraient leur faculté germinative.

La conclusion à tirer de A ou de B ou de A et B doit tenir compte du résultat : *en semis dense, dès qu'apparaît la compétition spatiale les semences-sœurs sont protégées.* Cet enseignement se tire de la pratique expérimentale. Le fait est à rapprocher de la présence de plants de semis naturels sous l'ombrage des arbres à Quinquina et leur absence en dehors, même sous l'ombre d'autres arbres.

Concurrence et entr'aide interspécifique. — Il s'oppose au cas des forêts tropicales non aménagées et peu touchées par l'homme où la composition spécifique des *semis*, brins et baliveaux, est trop fréquemment en désaccord avec la frondaison semencière. Celle-ci, si elle est formée d'essences héliophiles, favorise sous elle les essences sciaphiles; un autre équilibre forestier

d'origine endogène se prépare; il existe un dynamisme évolutif intrinsèque au groupement et indépendant des conditions extérieures.

Ainsi, les cohabitations d'espèces diverses, ou cœnoses, ont des interrelations de nature différente de celle des populations d'individus d'une seule race. Il y aurait *association* s'il y avait aide mutuelle. Or, *les* associations végétales *ne sont que les résultats de convergences écobiotiques; elles se désagrègent, se diffractent au prisme de la variation écologique.*

L'histoire du Hêtre est suffisamment explicite. La Hêtraie est devenue un refuge ([1]) : compagnes recherchant le milieu d'ombre (abri du Hêtre) ou l'humus doux, ou les deux à la fois. Elles se retrouveront isolées ou en moindre compagnonnage chaque fois qu'elles seront dans une écologie caractérisée par un certain complexe de facteurs qu'elles trouvaient chacune dans la Hêtraie. Concurrence entre compagnes, mais ce cortège ne concurrence et n'aide pas le Hêtre; celui-ci les protège en totalité ou en partie suivant l'état du milieu; en Hêtraie dense, le cortège est éliminé.

L'entr'aide intra-raciale. — En résumé, dans les cohabitations polyspécifiques, joue toujours la concurrence et parfois l'entr'aide. Les groupements d'individus d'une même race ont tendance à l'entr'aide jusque dans le devenir de leur progéniture. Cette collaboration est d'autant plus étroite, et éliminant d'autant la concurrence, que l'on atteint des unités de systématiques plus fines, des complexes raciaux plus tenus, pour enfin parvenir aux lignées quasi pures où l'entr'aide est portée au maximum et la concurrence au minimum.

Les pratiques de l'agriculture tendent à réduire la lutte interspécifique pouvant amener l'élimination de la race domestiquée (mauvaises herbes, maladies et insectes) et recherchent le développement de l'entr'aide intraraciale par sélection de types fins; tous les individus y seront très apparentés pour qu'en peuplements ils puissent se soutenir mutuellement dans la lutte contre les facteurs biotiques adverses.

L'entr'aide et la non-concurrence intraspécifique mis en avant par les généticiens biologistes russes est à concevoir particulièrement au sein de l'*espèce jordanienne* (jordanospecies) et non linnéenne, celle-là pouvant se fragmenter en variétés, formes, puis lignées. Ils s'appuient sur les pratiques agricoles, au jardin et au champ, où, justement, les unités taxonomiques culturales sont intra-jordaniennes. Les nids, poquets, lignes (équidistantes ou jumelées), bosquets, îlots, touffes, montrent toujours une plus forte résistance des *individus* qui les composent aux facteurs adverses que quand ces individus sont isolés ou équidistants (ce qui revient au même).

([1]) P. FOURNIER, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 5-6, 1927, p. 416.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de diapause embryonnaire chez certains individus de* Locusta migratoria *L. dans les Landes de Gascogne.* Note de M. **Roger Rœhrich**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le type commun du Criquet migrateur des Landes, récemment défini par G. Remaudière ([1]) sous le nom de *Locusta migratoria gallica*, présenterait, tant à la phase *solitaria* qu'à la phase *gregaria*, une diapause embryonnaire; il s'agirait donc d'un type hétérodyname, à une seule génération annuelle. En dehors de ce type biologique, M. E. Roubaud ([2]) a récemment fait connaître qu'il existe dans le Midi de la France des représentants de *L. migratoria* à comportement homodyname, sans diapause. Or, le 21 octobre 1947, M. R. Pons capturait au lieudit le *Publanc*, à 10^{km} au Sud de Captieux (Gironde), une larve du troisième stade de *Locusta migratoria* L. Dans la même station, le 28 octobre ([3]), puis le 13 novembre, nous trouvions 43 autres larves s'échelonnant du premier au quatrième stade ([4]).

Ces insectes, mis en élevage individuel dans une étuve à 30°C., ont en effet pondu au bout d'une vingtaine de jours, et leurs œufs, placés à la même température, ont éclos 10 à 20 jours après la ponte. Cette reproduction ininterrompue en laboratoire est donc à rapprocher de la capture de larves si tard à l'automne dans la nature, et confirme l'hypothèse d'éclosions sans arrêt, issues de pontes de la fin du moins d'août ou du début de septembre 1947. D'autre part, la naissance de ces larves était certainement antérieure aux premiers froids, ce qui exclut toute réactivation par athermobiose.

La deuxième particularité concerne le *nombre des stades larvaires* : 11 sur 13 des femelles récoltées au Publanc ont présenté un stade larvaire supplémentaire, situé après le troisième et caractérisé, comme celui-ci, par des ébauches alaires *latérales* ([5]) : c'est le *stade* 3 *bis* (la taille de ces insectes était d'ailleurs nettement supérieure à celle des deux autres : longueur élytrale de 44^{mm},4 à 45^{mm},6, au lieu de 37^{mm},0 à 39^{mm},1). Toutefois, cette particularité a concerné seulement les individus capturés dans la nature, leurs descendants n'ayant présenté que

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1025-1026.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 909-911.

([3]) Récoltes faites avec l'aide de MM. Chaboussou, Berjon et Pons.

([4]) Il ne nous a pas été possible de retrouver ces Criquets au printemps de 1948, les insectes n'ayant probablement pas pu supporter dans la nature le froid de l'hiver.

([5]) Rappelons que le sta de 4 normal est caractérisé par la position *dorsale* des ébauches alaires.

les cinq stades normaux, à l'exception d'une femelle ayant eu un âge 4 *bis* (6).

Par ailleurs, les rapports morphologiques, H/C, P/C et M/C (7) des adultes obtenus à partir des larves capturées au Publanc sont très voisins de ceux des individus de la phase *solitaria* de *L. m. gallica* Remaudière. Au contraire, les Insectes obtenus d'élevage à partir de larves de *L. m. gallica*, phase *gregaria*, même maintenues dès l'éclosion dans des conditions absolues d'isolement, possèdent des indices indiquant nettement une tendance grégaire, phase *transiens* (grégarisme résiduel) (8). On constate d'ailleurs un effet analogue chez les descendants des Insectes du Publanc, les géniteurs étant demeurés par couples un certain temps en laboratoire au moment de la reproduction (grégarisme sexuel) (9). Cette différence de phase entre les deux générations pourrait d'ailleurs expliquer la différence dans le nombre des stades larvaires chez les femelles.

Quoi qu'il en soit, les Criquets capturés au Publanc, de phase indubitablement *solitaria*, sont homodynames. Il s'agirait donc de savoir s'ils appartiennent au type commun des Landes, auquel cas la conception de l'hétérodynamie pour la phase *solitaria* chez *L. m. gallica* Remaudière devrait être abandonnée, ou bien si l'on est en présence d'une race particulière, ne différant de la précédente que par des caractères biologiques, comme l'a indiqué E. Roubaud pour le biotype méditerranéen. La question ne pourra être tranchée que par l'étude et l'élevage sérié de Criquets solitaires capturés dans la nature.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

---

(6) Ce cas exceptionnel d'un stade supplémentaire a d'ailleurs déjà été signalé par NIKOLSKY (cf. *The asiatic locust*, Leningrad, 1925) pour une femelle de *L. m. migratoria* L. en Russie et par KEY (of. *Bull. Ent. Res.*, 27, 1936, p. 77-84) en Afrique tropicale pour l'ensemble des femelles de *L. m. migratorioïdes* R et F issues de deux oothèques; d'autre part, B. ZOLOTAREVSKY (cf. *Ann. Epip.*, 19, 1933, p. 72-73) à Madagascar a observé le stade 3 *bis* pour toutes les femelles et les trois quarts des mâles de *L. m. capito* Sauss. Ce stade supplémentaire est aussi normal chez les femelles des Criquets de certaines stations méditerranéennes françaises (race de Palavas).

(7) Il n'a pas été tenu compte du rapport E/F qui est en partie sous la dépendance des conditions d'hygrométrie.

(8) R. CHAUVIN, *Contribution à l'étude physiologique du Criquet pèlerin et du déterminisme des phénomènes grégaires* (*Thèse*, Paris, 1941, p. 154-156).

(9) R. CHAUVIN, *op. cit.*, p. 253-254.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante, par l'élection de M. *Robert Courrier*, aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

En première ligne	M. **René Jeannel**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*....	MM. **Christian Champy**. **Emmanuel Fauré-Frémiet**. **Pierre-P. Grassé**. **Étienne Rabaud**. **Georges Teissier**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17h45m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 31 mai 1948.)

Note de MM. *Antoine Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, Nguyen Hoan* et *Georges Rudali*, Sur le pouvoir cancérigène des dérivés 10-halogénés du 1.2-benzanthracène :

Pages 1852, par suite d'une confusion, les indications données sur le 10-chloro-1.2-benzanthracène concernent en réalité le 9.10-dichloro-1.2-benzanthracène. Les indications concernant le 10-chloro-1.2-benzanthracène seront données ultérieurement.

(Séance du 27 septembre 1948.)

Note de M. *E. F. Collingwood*, Sur certains ensembles définis pour les fonctions méromorphes :

Page 617, ligne 27, *au lieu de* $G[a, \sigma(r), p(r)]$, *lire* $G[r, \alpha, \sigma(r)]$;
» » » 30, *au lieu de* séries, *lire* ensembles.

Note de M. *E. F. Collingwood*, Une inégalité dans la théorie des fonctions méromorphes :

Page 710, ligne 5, *au lieu de* $A < r < B$, *lire* $A < r < R$.

(Séance du 4 octobre 1948.)

Note de MM. *C. T. Ionescu Tulcea* et *G. Marinescu*, Sur certaines chaînes à liaisons complètes :

Page 669, ligne 15, première inégalité, membre gauche, *au lieu de* N, n, p, *lire respectivement* n, m, P.
Page 669, ligne 28, *au lieu de* T, *lire* T, si $a_j(x) \geqq 0$ $(j = 1, \ldots, r)$.

(Séance du 11 octobre 1948.)

Note de M. *E. F. Collingwood*, Inégalités relatives à la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans le plan fini :

Page 750, ligne 25, *au lieu de* $< \delta(a)$, *lire* $< \Delta(a)$;
» 751, » 2, *au lieu de* $\overline{\lim}_{r=\infty} \frac{P[r, a, \sigma(r)]}{T(r, f)} \geqq \overline{\lim}_{r'=\infty} \frac{P[r', a, \sigma(r')]}{T(r', f)}$,

lire

$$\overline{\lim}_{r=\infty} \frac{P[r, a, \sigma(r)] \log r}{T(r, f)} \geqq \overline{\lim}_{r'=\infty} \frac{P[r', a, \sigma(r')] \log r'}{T(r' f)}.$$

(Séance du 11 octobre 1948.)

Note de M. *E. F. Collingwood*, Inégalités relatives à la distribution des valeurs d'une fonction méromorphe dans le cercle unité :

Page 814, ligne 23, *au lieu de* nous aurons d'après le lemme 1, $r=1$ comme point limite de $E[a, \sigma(r), p(r)]$, *lire* $r=1$ n'est pas un point limite de $E(a, \sigma(r), p(r))$, d'après le lemme 2.

(Séance du 27 octobre 1948.)

Note de M. *Vladimir Kourganoff*, Une solution du problème de Milne par la méthode variationnelle, appliquée à un développement exponentiel de la fonction source :

Page 897, ligne 11, *au lieu de* 0,010, *lire* 0,10.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 NOVEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie qu'à titre exceptionnel, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 décembre au lieu du lundi 6, afin que les Membres de l'Académie qui le désireraient puissent assister, le lundi, à la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **ÉMILE BRINER**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Genève, **J. O. MONTEIRO DE CAMARGO**, Professeur à l'École Polytechnique de l'Université de Sao Paulo (Brésil), **LINUS PAULING**, Professeur à l'Institut de Technologie de Californie, **GABOR SZEGÖ**, Professeur à l'Université de Stanford, qui assistent à la séance.

Notice nécrologique sur MAURICE LERICHE (1875-1948),
par M. **CHARLES JACOB**.

Aîné de sept enfants, il naquit le 21 septembre 1875 à Maretz (Nord), où son père était directeur d'école. Après des études secondaires au Collège de Saint-Amand, il vint à la Faculté des sciences de Lille. Il y eut l'heureuse fortune de devenir un des élèves préférés du fondateur de la géologie Alloise, son grand compatriote du Cambrésis, Jules Gosselet.

En fait, Lille resta, comme ensuite Bruxelles, l'un des deux points d'attache de Maurice Leriche. Préparateur en 1897, Maître de conférences en 1906, il accepta de ne pas quitter son Université d'origine, malgré une flatteuse invitation en 1920 d'accéder à la chaire de géologie de Nancy. La décision fut prise sur les vives instances à la fois de notre Ministre de l'Instruction publique et du Président de l'Université de Bruxelles, où, dans l'intervalle, en 1910, Leriche avait été nommé Professeur de géologie. A Lille même, il devint Professeur de géologie générale et de géographie physique en 1927. Ainsi, se partageant entre les deux Universités voisines, il s'y

acquit une grosse réputation, contribuant largement à consolider les étroites relations scientifiques entre les deux pays.

A Bruxelles, il s'était marié en 1924. Arrivé récemment au terme d'une double carrière universitaire bien remplie, il se réjouissait de pouvoir disposer de plus de loisirs pour achever ses travaux et aussi pour guider plus efficacement les études supérieures de ses trois enfants. Hélas, en tournée à Monchy-Lagache (Somme), il s'affaissa brusquement le 15 septembre dernier, emporté par une embolie, alors qu'il travaillait pour le Service de la Carte géologique de la France auquel il apportait son inlassable concours depuis 48 ans !

Ses travaux, bien qu'aboutissant au total imposant de près de 400 notes ou mémoires, sont assez homogènes, labourant en somme dans les mêmes sillons et se rassemblant autour de quelques sujets majeurs de la paléontologie générale et de la géologie régionale.

En paléontologie, il a certes butiné à travers beaucoup de groupes d'animaux fossiles, au hasard et à la demande de ses rencontres stratigraphiques. Néanmoins, de bonne heure, il s'était spécialisé dans l'étude des Poissons et, par la suite, y conserva son domaine de prédilection, étendant son regard depuis les types les plus anciens dans le Silurien supérieur jusqu'aux groupes récents du Miocène. De sa part, dominent quelques gros mémoires. Tels ceux sur les Poissons tertiaires tant du Nord de la France, objet de sa thèse en 1906, que de la Belgique, avec des publications échelonnées de 1902 à 1926. Les Squales, dont les dents sont seules bien conservées mais éparses dans les gisements, lui permettent cependant la reconstitution délicate de mâchoires complètes qui varient dans le temps et apportent des repères stratigraphiques intéressants. De même, belles études ou remarques sur les Poissons fossiles du Congo belge (de 1910 à 1920), récoltés aussi bien dans le centre de la Cuvette congolaise avec une faune triasique ou rhétienne que, et surtout, dans les dépôts paléocènes et éocènes de la région côtière atlantique. Ces travaux minutieux et sagaces l'ont amené à jouer depuis 1929 un rôle progressivement plus actif à la Commission de la Carte géologique du Congo belge. Autres mémoires encore, ceux sur les Poissons de la mollasse suisse (1927), provoqués par des circonstances de guerre. Mobilisé en 1914, prisonnier dès la reddition de Maubeuge, il fut, après quatre interminables années de captivité en Allemagne, interné quelques mois en Suisse, à Lausanne. Il y fréquenta l'Université et les collections du Palais de Rumine, où l'on s'est félicité d'avoir accueilli cet hôte particulièrement discret et d'une science paléontologique avertie. En marge des grosses publications, la compétence ichtyologique de Leriche l'a fait occasionnellement consulter de bien des points du globe, avec des matériaux de provenances aussi diverses que l'Anatolie, l'Égypte, Madagascar, la Californie,

les Antilles et la Patagonie. On retiendra aussi ce qu'il a été amené à écrire en 1942 sur les régions côtières atlantiques et le centre des États-Unis.

En géologie, en outre du Congo belge, son bagage, considérable, est principalement relatif au Nord de la France et à la Belgique, avec des comparaisons recherchées en Angleterre. Il y reprend bien des particularités des socles paléozoïques franco-belges et de leur revêtement crétacé, mais c'est au Tertiaire qu'il s'est le plus magistralement et le plus longuement attaché, notamment aux terrains inférieurs, à ceux de l'Eocène. Si l'on veut une idée des résultats synthétiques obtenus quant aux successions et à l'évolution paléogéographique au sein de ces incomparables séries, on peut les trouver dans les livrets-guides et les comptes rendus de multiples excursions collectives que Maurice Leriche n'a cessé de diriger dans le Nord de la France et la Belgique. Un bel exemple en est fourni par les pages, véritablement de grand traité, qui figurent dans le compte rendu et les notes annexes du *Bulletin de la Société géologique de France*, à propos de la Réunion extraordinaire de 1912 à Laon, Reims, Mons, Bruxelles et Anvers.

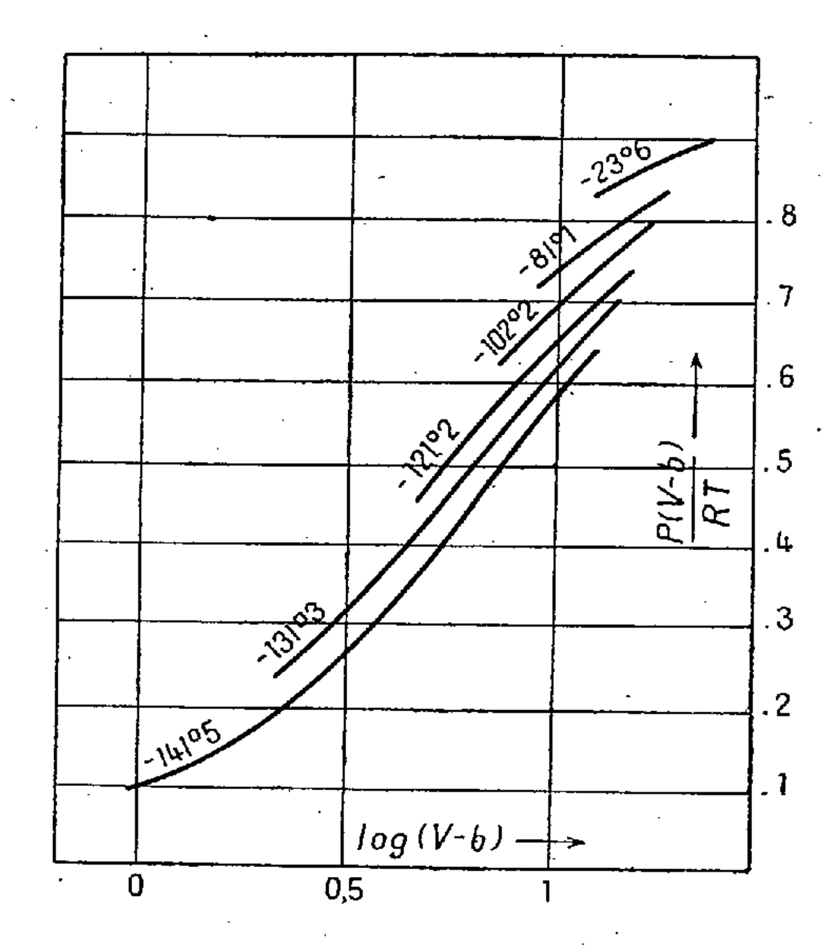
Passionné par son métier, professeur dans l'âme, il avait résumé son enseignement de Bruxelles dans des *Éléments de Géologie*, qui ont connu trois éditions successives en 1919, 1923 et 1946. Quant à l'ensemble de ses publications, poursuivies au même rythme jusqu'à la fin, il est émouvant d'y rencontrer, au cours des deux années dernières, des notices à la mémoire de Lucien Cayeux, l'un de ses maîtres lillois de la première heure et resté par la suite son indéfectible ami.

Deux fois lauréat de l'Institut, lauréat d'un grand prix à la Société géologique de France et de distinctions analogues en Belgique, il a présidé notre Société géologique du Nord, ainsi que la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie. De 1937 à 1940, il a été le Président de la Faculté des Sciences de l'Université de Bruxelles et en 1927 il était entré comme Membre associé à l'Académie royale. Ici même, le 16 janvier 1933, sur le rapport d'un autre grand lillois, Charles Barrois, il fut élu Correspondant de notre Section de Minéralogie.

Maurice Leriche laisse, en France comme à l'étranger, le souvenir d'un collègue ou d'un ami très droit et très sûr, ainsi que celui d'un travailleur acharné autant que consciencieux. Sans vain tapage, son nom demeure parmi ceux des géologues et paléontologistes les plus solides de sa génération. Déplorant sa brusque disparition, l'Académie adresse à M[me] Maurice Leriche et à ses enfants l'expression d'une profonde sympathie.

PHYSIQUE DES GAZ. — *Compressibilité des gaz en fonction de la température.* Note (*) de M. **Jacques Duclaux.**

La théorie qui interprète la compression d'un gaz comme une association progressive ([1]) conduit à représenter la compressibilité d'une façon particulière. Dans le tracé des isothermes, les abscisses sont les valeurs de $log(V - b)$, V étant le volume du gaz et b son covolume; tandis que les ordonnées sont les valeurs de $P(V - b)/RT$, P étant la pression. On obtient de cette manière une courbe en S; la figure représente les isothermes de l'azote tracées de cette manière d'après les mesures du laboratoire de Leyde.



Ce mode de représentation a permis de découvrir une propriété remarquable des gaz, propriété qui ne pouvait être révélée par les équations d'état du type Van der Waals. Toutes les isothermes d'un même gaz se déduisent les unes des autres par un simple changement dans l'échelle des abscisses; si l'on connaît une de ces courbes, toute autre s'en déduit en multipliant les abscisses par un même coefficient, fonction seulement de la température. Il en résulte une très grande simplification dans l'étude de la compressibilité des gaz, puisque toute isotherme peut être déduite d'une mesure unique donnant l'échelle par rapport à celle d'une courbe type.

J'ai vérifié cette relation pour l'oxygène, l'azote et l'argon étudiés au laboratoire de Leyde.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) J. Duclaux, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2034.

Oxygène. — Température entre + 20° et — 116°; valeurs de PV entre 1,05 et 0,25. Dans tout cet intervalle très étendu, la relation de proportionnalité entre les abscisses est vérifiée avec un écart moyen de 0,00043 sur la valeur de PV, c'est-à-dire qu'elle est exacte à mieux que le millième. La précision moyenne des mesures ne semble pas supérieure.

Azote. — Les mesures sont meilleures que pour l'oxygène, sauf aux très basses températures. Entre + 20° et — 141°, la valeur de PV variant de 1,05 à 0,16, pour 95 nombres sur 99 l'écart moyen entre l'expérience et le calcul est 0,00029 et par suite la relation est vérifiée à mieux que 1/2000. Pour les quatre nombres relatifs aux plus hautes pressions, et aussi pour les températures de — 144° et — 146°,3 très voisines du point critique (— 147°,1) des écarts plus forts apparaissent; il est impossible de les chiffrer, car les mesures sont trop rares. L'erreur maxima sur PV à — 146°,3 est en tout cas moindre que 0,003.

Argon. — Les mesures ne sont pas bien concordantes. Cependant la relation est observée, sauf au voisinage immédiat du point critique, avec un écart moyen inférieur à 0,0004.

Tous les calculs sont faits en donnant au covolume une valeur constante, indépendante de la pression et de la température, ce qui est aussi une simplification considérable par rapport aux équations d'état actuelles. Toutefois il n'est pas exclu que, au voisinage immédiat du point critique, il y ait avantage à admettre une variation très faible du covolume. La discussion se heurte ici à l'incertitude des nombres expérimentaux.

En résumé, la relation est vérifiée, pour les trois gaz, dans les limites de précision de l'expérience, sauf peut-être à 2° ou 3° de la température critique et pour des pressions supérieures aux 4/5 de la pression critique.

Cette relation est purement expérimentale. Mais elle trouve une interprétation immédiate dans l'hypothèse d'une association progressive du gaz sous l'influence de la pression. Elle signifie alors que, pour chaque gaz, la loi de la condensation progressive a une forme indépendante de la température et dépend d'une constante unique (constante d'équilibre); cette constante étant fonction de la température comme le veut la thermodynamique, puisque la condensation est un processus exothermique. La variation thermique de cette constante permet le calcul de la chaleur d'association.

Mais si la loi de condensation est pour chaque gaz indépendante de la température, elle varie d'un gaz à l'autre. L'oxygène, l'azote, l'argon suivent trois lois différentes, les écarts étant bien supérieurs aux erreurs possibles. Ce fait oblige à reviser la notion d'états correspondants. Ce sont maintenant ceux dans lesquels l'état de condensation est le même. Or il résulte de ce qui précède que pour deux gaz différents, cet état n'est jamais le même. Il n'y a donc pas d'états correspondants, et les états critiques en particulier ne le sont pas. Il semble dès à présent préférable de renoncer à la notion d'états correspondants, qui ne peut qu'entretenir des illusions et masquer l'individualité des gaz,

propriété essentielle qui doit être étudiée en rapport avec leur constitution atomique ou moléculaire. Pour que deux gaz puissent exister sous des états correspondants, il faut que leur constitution présente certaines analogies.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'apparition dans la nature de mutations végétales, leur persistance ou leur extinction.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

L'évolution par mutations brusques est aujourd'hui un fait admis par presque tous les biologistes. La mutation peut être provoquée par des moyens artificiels (produits chimiques, chaleur, froid, rayons X, etc.). Elle peut aussi se montrer dans la nature, sans cause apparente et apparaître dans des semis (mutation sexuelle), ou être d'origine somatique (mutations de bourgeons ou sports), ou encore apparaître après hybridation par suite de disjonction de caractères (mutations vriesiennes).

Mais on ignore encore, faute d'observations faites pendant un temps suffisamment long, si ces mutations sont définitivement héréditaires. Un des cas les plus fréquemment cités est celui du *Chelidonium laciniatum* Miller, remarquable par ses feuilles laciniées et les pétales découpés; il est reconnaissable dès la plantule et est héréditaire. On le cultive dans les jardins botaniques et il est très rare de le rencontrer dans la nature. Signalé pour la première fois par Sprenger en 1590 dans son jardin à Heidelberg, on ignore s'il était apparu brusquement au milieu des populations de *C. majus* L. ou s'il y avait été introduit. On le rencontre encore parfois de loin en loin à travers l'Europe par individus isolés ou peu nombreux sur des vieux murs ou des décombres, à proximité du type, mais on ignore généralement si ce sont des individus nés brusquement de *C. majus forma typica,* ou s'ils n'ont pas été introduits de graines prises dans les jardins botaniques. En tout cas l'espèce ne se répand pas; elle est toujours très rare, alors que le type pullule très souvent à proximité des habitations ou sur les terrains nitrifères.

Nous avons cherché, de 1928 à 1938, à répandre cette plante dans un vieux jardin abandonné de plus de 1000^{m^2} situé près Pontoise, où pullulait *C. majus f. typica.* Nous avons semé, dès 1928, en divers points du jardin, le *C. laciniatum.* Constatant qu'il y avait peu de réussites, nous l'avons semé ensuite en pépinière et nous avons repiqué les plantules à travers le jardin. Elles ont donné çà et là des colonies, mais le *C. typicum* était toujours très dominant. Chaque année nous avons éliminé celui-ci en l'arrachant. Le *C. laciniatum* a commencé à se répandre par semis à travers le jardin. Il s'en est même échappé et quelques plants sont apparus en dehors du jardin et se sont établis sur un vieux mur à l'extérieur où nous ne l'avions pas ensemencé. Nous avons constaté que c'était une petite fourmi qui traînait les graines à travers les fissures du mur et assurait ainsi sa dissémination. Sur ce mur les plants de *laciniatum* étaient intermélangés à ceux du *typicum.*

En 1938, la forme *typica* avait presque disparu du jardin grâce aux éliminations que nous avions faites et le *laciniatum* était abondant dans tout le jardin.

De fin 1939 à 1944 nous avons cessé, par suite de la guerre et de l'occupation, de nous occuper de cette question et ayant visité de nouveau le jardin fin 1945, nous fûmes surpris de constater que le *laciniatum* n'était plus représenté dans le jardin et sur le mur que par quelques individus alors que la forme *typica* s'était mise à pulluler. Elle est aujourd'hui seule à occuper le terrain et *C. laciniatum* a disparu.

Voici une autre observation analogue. En 1936, un botaniste de Laval, M. J.-B. Touton, nous signalait l'apparition sur un vieux mur d'une très remarquable forme de *Cymbalaire*. Elle diffère du type par des feuilles profondément trilobées, parfois même bi ou trifoliolées et par des fleurs plus ou moins anormales. La plante est si différente de la *Cymbalaria muralis typica* que si on la rencontrait fréquente dans la nature on n'hésiterait pas à en faire une bonne espèce linnéenne. Nous l'avons nommée *Cymbalaria toutoni* (1). En 1940, M. Touton signalait qu'elle se reproduisait de graines. Il l'avait découverte sur un vieux mur de Laval où elle était représentée par trois individus vivant parmi la forme *typica*. En août 1940, nous avons vu le mur en question où il ne subsistait plus qu'un plant très chétif, mais M. Touton cultivait la mutation dans son jardin. Nous en rapportâmes des graines qui furent ensemencées par M. Guinet, au Jardin des Plantes à Paris, dans le Carré des couches, sur un vieux mur où coexistait déjà *C. muralis typica*. La mutation s'y est maintenue depuis cette époque. Elle est très féconde et se resème d'elle-même. Nous l'avons cultivée en plusieurs endroits. Elle se maintient héréditairement, mais elle ne progresse pas. Pendant l'hiver 1945-1946 les pieds que nous cultivions ont gelé, tandis que le type avait résisté.

Nous avons visité de 1944 à 1948 une foule de localités du Nord-Ouest de la France avec de nombreuses ruines datant de la libération. Ces ruines sont souvent couvertes de *Cymbalaria muralis*. Nous en avons observé des millions d'individus sans jamais découvrir la moindre trace de mutation. M. Touton ne l'a plus retrouvée non plus à Laval ou aux environs; la mutation est donc rarissime. M. Marin Molliard dit l'avoir obtenue expérimentalement en laboratoire en traitant par la colchicine des graines de *C. muralis typica* (2), mais il est mort peu après et le fait reste à contrôler. Il est peu probable que ce soient les eaux ménagères qui aient provoqué cette mutation à Laval, comme l'avait supposé M. Touton, car nous avons vu quantité de stations analogues à celle où apparut la mutation, et pourtant la forme typique n'est pas modifiée. Nous avons décrit en 1936 une autre Cymbalaire (*C. flabellifer* Chev., bonne

---

(1) *Bull. Soc. Bot. France*, **83**, p. 650 et fig. 3.

(2) Voir *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 661.

espèce jordanienne) assez commune sur les murs entre Pontoise et Valmondois qui provient probablement aussi d'une mutation puisqu'elle est très localisée, mais celle-ci s'est répandue au point de vivre en concurrence avec *C. muralis typica*, sur la plupart des vieux murs de cette petite région, mais le cas semble exceptionnel. Les mutations ont généralement tendance à s'éteindre rapidement comme le montre *Chelidonium laciniatum* et *Cymbalaria toutoni*, à moins que l'homme n'intervienne pour protéger la plante mutée.

Pareil fait paraît se produire pour les mutations d'arbres fruitiers que l'on multiplie par la greffe. Les variétés nouvelles prospèrent pendant quelques décades, puis elles vieillissent et deviennent très vulnérables aux maladies cryptogamiques. C'est le cas par exemple du *Poirieri Passe-Crassane* obtenu par Boisbunel à Rouen il y a un siècle (vers 1845). Aujourd'hui il est très sujet à la tavelure et il montre des caractères de sénilité, même sur les arbres récemment greffés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur relativement élevée en rubidium de certains champignons* (1). Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

En étudiant la répartition quantitative du rubidium chez les espèces végétales, nous avons rencontré dans un certain nombre de champignons des proportions relativement très élevées de ce métal alcalin, considéré jusqu'ici comme fort peu abondant dans la Nature. Il s'agissait principalement de trois Cortinaires et de cinq Tricholomes contenant plusieurs décigrammes et même (*Cort. violaceus* et *Trich. columbetta*) plus d'un gramme de rubidium par kilogramme de matière sèche (2).

Qu'une telle accumulation tienne à une teneur exceptionnelle en rubidium des terrains aux dépens desquels se sont développés les champignons ou à une faculté attractive très particulière des mêmes organismes pour le métal alcalin, il y a là un fait si intéressant, à divers points de vue, qu'il était très désirable de le contrôler par de nouvelles observations avant de le considérer comme définitivement acquis à la science.

Il est connu que beaucoup de champignons n'apparaissent à la surface du sol que d'une façon très irrégulière suivant les années. Nous avons essayé inutilement de nous procurer l'année dernière des échantillons de *Cortinarius violaceus*, espèce la plus riche en rubidium et, cette année, nous avons bien failli être encore dans l'obligation de surseoir à la continuation de notre projet

(1) On trouvera dans un prochain Mémoire, dont cette Note est un résumé, certains détails que le manque de place ne permet pas de publier ici.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1946, p. 572 et Mémoire : *Ann. agron.*, 17, 1947, p. 323-329 ou *Ann. Inst. Past.*, 73, 1947, p. 797-804.

de contrôle. Heureusement, lors d'un bref séjour en Suède, l'un de nous eut l'occasion de visiter l'exposition mycologique qui se tenait à Stockholm au mois de septembre. Il y rencontra juste un exemplaire de taille moyenne et à peu près épanoui du champignon tant désiré, ainsi qu'un autre plus petit dont le chapeau commençait à s'ouvrir. L'organisateur de l'exposition, mis au courant du problème à élucider et que nous sommes heureux de remercier ici, voulut bien en faire l'abandon.

A Paris, où la Société Mycologique de France et le Muséum d'Histoire naturelle réalisèrent un peu plus tard, chacun de son côté, une exposition mycologique, il ne parvint qu'à l'une d'elles un petit exemplaire de *Cortinarius violaceus* qui nous fut aussi obligeamment remis pour en faire l'analyse.

En contre-partie, nous avons trouvé, parmi les champignons rassemblés à l'occasion des deux expositions parisiennes, un certain nombre d'espèces, notamment de Tricholomes et de Cortinaires, que nous avons examinées pour savoir s'il s'en rencontrerait d'une teneur comparable à celles des espèces analysées il y a deux ans.

Par application de notre méthode d'analyse chimico-spectrographique (3), nous avons obtenu les résultats que résume le tableau ci-après. Les espèces sont rangées, en tenant compte d'une proposition de classification de René Maire (4), dans les genres *Rhodopaxillus*, *Tricholoma* et *Cortinarius*, et, pour chaque genre, par ordre de teneur croissante. Il y a deux colonnes de chiffres, la première donne les poids de rubidium, exprimés en milligrammes par kilogramme de matière sèche trouvés dans la récolte d'il y a deux ans, la seconde ceux trouvés cette année.

On observe, en comparant les résultats de 1946 et de 1948, obtenus tant avec *Rhod. glaucocanus* qu'avec *Trich. columbetta* et *Cort. violaceus*, que les teneurs en rubidium peuvent varier très sensiblement pour une même espèce d'une récolte à une autre, probablement suivant la composition du sol, sans doute aussi selon les influences climatiques.

Mais, cette variation étant retenue, il subsiste la notion d'abord soupçonnée, maintenant confirmée et étendue, que certaines espèces de champignons et, en particulier, d'espèces appartenant aux genres Tricholome et Cortinaire, jouissent de la propriété d'accumuler au cours de leur développement des proportions remarquablement élevées de rubidium dans leur organisme.

---

(3) *Ann. agron.*, 16, 1946, p. 1 ou *Ann. Inst. Past.*, 72, 1946, p. 416.

(4) René Maire n'admet plus dans le genre *Tricholoma* que les espèces pourvues de spores blanches en tas, à membrane lisse; il en sépare celles dont les spores sont rose jaunâtre en tas, à surface verruqueuse. Pour ces dernières, dont *Trich. nudum* et *Trich. glococanum* (Bresadola), il a créé un genre nouveau, le genre *Rhodopaxillus*. R. Maire a rangé aussi dans ce genre quelques formes dont la position systématique n'était pas bien définie, entre autres *Clitopilus mundulus* Lasch.

Noms des espèces analysées.	Récoltes de 1946.	1948.
Rhodopaxillus nudus	18,2	–
» *mundulus* (Fr.) R. Maire	–	64,5
» *sævus*	–	84,5
» *glaucocanus*	557	171
Tricholoma pessundatum	–	32,4
» *rutilans*	90	–
» *irinum*	–	135
» *aggregatum*	–	194
» *orirubens*	–	255
» *vaccinum*	–	294
» *sulfureum*	302	–
» *saponaceum*	317	–
» *columbetta*	1150	372
» *atrosquamosum*	–	530
» *portentosum*	834	–
» *flavobrunneum*	–	975
» *acerbum*	–	1840
» *album*	–	2800
Cortinarius largus	219	–
» *violaceus*	1510	–
» » (exemp. moyen Stockholm)	–	283
» » (petit exemp. Muséum)	–	312
» » (petit exemp. Stockholm)	–	419
» *fulmineus*	–	490
» *præstans* (5)	491	–
» *elatior*	–	561
» *purpurascens*	–	619

Cette faculté accumulatrice est à rapprocher de celle que des végétaux, appartenant à une autre famille et vivant dans un milieu très différent, exercent à l'égard non d'un métal mais d'un métalloïde : il s'agit ici des Algues dont certaines espèces, comme des *Fucus* et surtout des Laminaires, parviennent à tirer des eaux marines et à concentrer dans leurs tissus des quantités d'iode si importantes que ces plantes deviennent à leur tour une matière première précieuse pour l'extraction industrielle du métalloïde.

---

(5) Synonyme de *Cort. Berkeleyi* de Cooke sous lequel il a été désigné antérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude systématique des nickels de Raney. Hydrogénation sélective de cétones αβ-éthyléniques.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Jean Phélisse**.

A la suite de résultats discordants obtenus par l'un de nous, une étude systématique de la préparation et de l'emploi des nickels de Raney a été entreprise. Cette première étude peut se résumer ainsi :

I. Un catalyseur de propriétés déterminées est parfaitement reproductible à la condition de respecter différentes conditions (travail fait sur l'acide cinnamique) :

1° Partir d'un alliage de nickel-aluminium de titre déterminé en nickel et, pour certains d'entre eux, utiliser une granulation donnée. En effet, avec des alliages à 50 % environ de nickel, les catalyseurs ont une activité d'autant plus grande que leur division est plus fine. Avec des alliages à 40 % l'influence de la granulation est déjà beaucoup moins accentuée. Enfin, avec les alliages à 30 et 20 % l'effet est nul.

2° Conduire la préparation suivant une vitesse d'introduction déterminée de l'alliage dans la solution alcaline; plus l'introduction est lente, plus l'hydrogénation se développe ensuite rapidement.

Les nickels ainsi obtenus ont des propriétés variables avec la teneur en ce métal.

1° Ainsi, par exemple, en étalant les catalyseurs en couche mince, on constate : *a.* que les alliages à 50 % de nickel donnent des catalyseurs très pyrophoriques s'enflammant au bout de quelques secondes en projetant des grains incandescents; *b.* que l'alliage à 20 % fournit des catalyseurs qui ne s'enflamment pas et rougissent à peine; *c.* que les alliages à 30 et 40 % engendrent des catalyseurs de pyrophoricité intermédiaire s'enflammant généralement vite. Tous ces catalyseurs perdent ainsi leur activité.

2° Les catalyseurs issus de l'alliage à 20 % travaillent plus vite que ceux provenant de l'alliage à 50 %, ceci quelle que soit la granulation de ce dernier.

D'autres différences seront relatées plus loin.

Or, presque toujours, les auteurs qui emploient le nickel de Raney ne spécifient pas la teneur en nickel de l'alliage qu'ils ont utilisé.

II. Mais en voulant répéter l'hydrogénation selon Raney de la benzylidèneacétone faite par Dupont (1), opération qui avait fourni le benzylisopropanol à cet auteur, nous n'avons observé que la génération de la benzylacétone. Nous avons alors noté que nous avions travaillé au sein d'un alcool contenant une petite quantité de chloroforme. Le dosage de ce dernier et la

(*) Séance du 22 novembre 1948.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 1021.

reproduction de ce mélange alcool-chloroforme ont fait retrouver ce résultat inattendu tandis que, dans l'alcool pur, la conclusion de Dupont a été confirmée (matière 2^g, catalyseur 5^g, solvant 100$^{cm^3}$).

Catalyseur.	Teneur de l'alcool en $CHCl_3$ (g/l).	Durée de l'hydrogénation (min.).	Produit obtenu.
Ni 50 %/Gran. 80......	2	40	benzylacétone
	0	80	benzylisopropanol
Ni 20 %..............	2	10	benzylacétone
	0	25	benzylisopropanol

Les mêmes phénomènes ont été notés à propos de la dibenzylidèneacétone et de la dibenzylidènecyclohexanone. Un exemple plus riche en possibilités successives a été fourni par la difurfurylidèneacétone; dans l'alcool pur ou souillé de 0^g,6 de chloroforme par litre, elle a fourni un alcool en fixant $7H_2$ tandis qu'aux concentrations comprises entre 10 et 500^g de chloroforme par litre il n'y a eu production que d'une cétone par fixation de $2H_2$. Aux environs de 1 à 5^g par litre la nature des corps formés n'a pu être déterminée jusqu'ici. Enfin à la concentration de 750^g par litre, le catalyseur était inactif (les alliages à 20 et à 50 % de nickel peuvent être utilisés).

III. Un fait devait éclairer les précédents résultats. Si à de l'alcool fortement chloroformé on ajoute une certaine quantité de nickel de Raney provenant d'un alliage à 50 %, on observe rapidement un dégagement gazeux et le liquide verdit ([2]). Le gaz est de l'hydrogène pur et le liquide contient du chlorure de nickel. De plus si le nickel restant est attaqué par l'acide chlorhydrique concentré, on trouve un résidu de carbone (un essai à blanc a révélé que le nickel ne contenait qu'une trace de ce métalloïde). Il y a donc réduction du chloroforme. On remarque en effet, lors de certaines catalyses, que la quantité d'hydrogène fixé est supérieure à la quantité théorique, notamment lorsque le solvant renferme une quantité relativement grande de chloroforme, mais ceci ne correspond qu'à une réduction de cette substance, la benzylidèneacétone ne donnant que la benzylacétone, quelle que soit la quantité d'hydrogène consommée.

Dès lors, il fallait se demander si l'acide chlorhydrique n'était pas l'inhibiteur sélectif dans les précédentes réactions. Les résultats suivants ont été obtenus en faisant travailler un catalyseur provenant du nickel à 50 % de granulation 100 sur la benzylidène acétone (2^g dans 100$^{cm^3}$ d'alcool et 5^g de catalyseur)

([2]) L'un de nous et M. Monteil ont observé que les nickels issus d'alliages à 50 % sont dégazés par simple contact avec le benzène et ne peuvent plus servir pour une hydrogénation dans ce milieu (cependant le catalyseur est toujours pyrophorique). Au contraire ceux provenant d'alliage à 20 % de nickel ne présentent plus cet inconvénient.

Quantité d'HCl (g).	Durée (min).	Corps formé.
0,0365	158	benzylisopropanol
0,073	440	benzylisopropanol
0,1095	30	benzylacétone
0,1460	30	benzylacétone
0,1825	200	benzylacétone

L'acide chlorhydrique paraît donc être l'agent sélectif dans les précédentes hydrogénations ou tout au moins agir dans le même sens que le chloroforme.

IV. D'autres résultats ont été acquis :

1° Il existe une teneur en aluminium des catalyseurs au-dessous de laquelle il ne faut pas descendre sans quoi la vitesse d'hydrogénation diminue.

2° Lors d'hydrogénations sélectives, les courbes d'hydrogénation présentent des points anguleux d'autant plus accentués que le catalyseur travaille plus rapidement (ceci a été noté en particulier avec la dibenzylidèneacétone, la difurfurylidèneacétone). Le phénomène s'observe d'une façon particulièrement nette lorsqu'on cuivre de plus en plus les nickels de Raney obtenus avec un alliage à 20 %.

Ces essais se poursuivent dans différentes directions.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que les tomes 220 (janvier-juin 1945) et 221 (juillet-décembre 1945) des *Comptes rendus* sont en distribution au Secrétariat.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Robert Courrier*, élu Secrétaire perpétuel.

Le nombre des votants étant 55, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Pierre-Paul Grassé	16	23	30
M. Christian Champy	16	22	23
M. René Jeannel	13	9	2
M. Emmanuel Fauré-Frémiet	6	1	–
M. Étienne Rabaud	3	–	–
M. Georges Teissier	1	–	–

M. **Pierre-Paul Grassé**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Léon Bertin** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la Fondation Loutreuil en 1947.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Catalogue des types de Poissons du Muséum National d'Histoire Naturelle.* 4ᵉ Partie; *Ostariophysaires (Cypriniformes)*, par Léon Bertin et Rolande Estève.

2° Journal de Monaco, n° 4.754. *Numéro spécial relatant les Cérémonies Commémoratives du Centenaire de la Naissance de S. A. S. le Prince Albert Iᵉʳ* (présenté par M. Gabriel Bertrand).

3° *Tableaux des Réactifs pour l'Analyse minérale.* Troisième Rapport de la « Commission Internationale des réactions et réactifs analytiques nouveaux » de l'Union Internationale de Chimie (présenté par M. Jolibois).

THÉORIE DES GROUPES. — *Holomorphies d'un semi-groupe.* Note (*) de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Élie Cartan.

D désigne un semi-groupe, groupoïde (au sens de Ore) associatif dans lequel la règle de simplification est valable des deux côtés. Nous allons définir pour D l'analogue de l'holomorphie d'un groupe (¹).

Construisons Δ, image isomorphe de D, en faisant correspondre à tout élément $s \in D$, l'application biunivoque σ de D *dans* D définie par $x \rightarrow sx$. Δ est un sous-groupoïde du demi-groupe A simplifiable à gauche des applications biunivoques de D dans D. G, groupe des automorphismes de D, en est un autre. Si D a un élément unité, G et Δ ont en commun un seul élément ε, automorphisme identique de D. Si D n'a pas d'élément unité, Δ et G sont disjoints.

Considérons alors le sous-groupoïde K engendré par la réunion de Δ et G. Quels que soient $\alpha \in G$ et $\sigma \in \Delta$, on a

$$\alpha\sigma = \sigma'\alpha,$$

si σ correspond à s dans D, σ' à s' et si s' est le transformé de s par α. Il en résulte que tout élément de K est de la forme $\sigma\alpha$ (ou $\alpha\sigma$) si D a un élément unité et de l'une des formes $\sigma\alpha$, α (ou $\alpha\sigma$, α) si D n'a pas d'élément unité. On montre aisément que, dans les deux cas, ces représentations sont uniques.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

(¹) Speiser, *Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung*, 1927, p. 122-124.

De là, on déduit que K, évidemment simplifiable à gauche, l'est aussi à droite. Bornons la démonstration au cas où D a un élément unité. Il faut établir que

$$(\sigma_1\alpha_1)(\sigma\alpha) = (\sigma_2\alpha_2)(\sigma\alpha) \quad \text{entraîne} \quad \sigma_1\alpha_1 = \sigma_2\alpha_2.$$

D'abord, $\sigma_1\alpha_1\sigma\alpha = \sigma_2\alpha_2\sigma\alpha$ entraîne $\sigma_1\alpha_1\sigma\alpha\alpha^{-1} = \sigma_2\alpha_2\sigma\alpha\alpha^{-1}$, soit $\sigma_1\alpha_1\sigma = \sigma_2\alpha_2\sigma$.

Or, $\sigma_1\alpha_1 = \alpha_1\sigma_3$ et $\sigma_2\alpha_2 = \alpha_2\sigma_4$ si s_3 est le transformé de s_1 par α_1^{-1}, s_4 celui de s_2 par α_2^{-1}.

D'où, $\alpha_1\sigma_3\sigma = \alpha_2\sigma_4\sigma$, ce qui implique d'après l'unicité de la représentation $\alpha\sigma$, $\alpha_1 = \alpha_2$ et $\sigma_3\sigma = \sigma_4\sigma$; d'où, Δ étant simplifiable (comme D), $\sigma_3 = \sigma_4$. Enfin, $\sigma_1 = \sigma_2$ et $\sigma_1\alpha_1 = \sigma_2\alpha_2$.

THÉORÈME 1. — *K est un semi-groupe dans lequel est plongée une image isomorphe Δ de D.*

Définition. — K est appelé *holomorphie à gauche* de D.

THÉORÈME 2 (démonstration immédiate). — G *appartient à l'intérieur* (²) *de K, I_K, et tout automorphisme de Δ est la restriction à Δ d'un automorphisme intérieur de première catégorie de K et aussi la restriction d'un automorphisme intérieur de deuxième catégorie.*

On étudie facilement de quels éléments de K se compose I_K. $\sigma\alpha \in I_K \to \sigma \in I_K$, car I_K est unitaire dans K. Il suffit donc de déterminer $\Delta \cap I_K$. En écrivant que $\sigma\sigma_1 = \xi_1\sigma$ et $\sigma\xi_2 = \sigma_2\sigma$ doivent avoir des solutions en ξ_1 et ξ_2 dans K, quels que soient σ_1 et σ_2 dans Δ, on constate que $\sigma \in I_\Delta$, intérieur de Δ, car ces solutions appartiennent nécessairement à Δ. En écrivant ensuite que $\sigma\alpha = \xi\alpha$ doit avoir une solution en ξ dans K, quel que soit α dans G, on voit que σ doit être égal à tous ses transformés par les automorphismes de Δ ou diviser à droite dans Δ ceux de ces transformés qui lui sont différents. σ appartenant à I_Δ, il revient au même de dire que σ doit diviser à gauche ces transformés et l'on se rend compte que les conditions sont suffisantes. De plus, on voit que s'il existe dans I_K au moins un élément σ effectivement distinct d'un de ses transformés, D a un élément unité.

THÉORÈME 3. — I_K *est la réunion complétée de* G *et d'un sous-ensemble* S *de* I_Δ *qui en est sous-groupoïde unitaire s'il n'est pas vide : si* D *n'a pas d'élément unité,* S *est l'ensemble des éléments de* I_Δ *égaux à tous leurs transformés par les automorphismes de* Δ*; si* D *a un élément unité,* S *est l'ensemble des éléments de* I_Δ *qui divisent d'un côté tous leurs transformés.*

On peut déterminer aussi le *centre* C_K de K. On voit d'abord que le seul élément de G qui appartienne à C_K est ε, car $\alpha \in C_K \cap G$ entraîne $\alpha\sigma = \sigma\alpha$ pour tout $\sigma \in \Delta$. Cherchons les éléments de C_K qui sont de la forme $\sigma\alpha$. Un tel $\sigma\alpha$ doit être permutable avec tout $\alpha_1 \in G$ et avec tout $\sigma_1 \in \Delta$, et cela suffit. Du fait que $\sigma\alpha\alpha_1 = \alpha_1\sigma\alpha$ pour tout $\alpha_1 \in G$, on déduit que α appartient au centre de G

(²) P. DUBREIL, *Contribution à la théorie des demi-groupes* (*Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 63, 1936-39, p. 45).

et que σ est conservé par tout automorphisme de Δ. Du fait que $\sigma\alpha\sigma_1 = \sigma_1\sigma\alpha$ pour tout $\sigma_1 \in \Delta$, on déduit que α est l'automorphisme intérieur de deuxième catégorie correspondant à l'élément s, image de σ dans D, lequel appartient nécessairement à I_D. Ces conditions sont suffisantes et, d'ailleurs, α appartient au centre de G dès que les autres conditions sont satisfaites.

THÉORÈME 4. — *On a :* $\alpha \in C_K$ *si et seulement si* $\alpha = \varepsilon$. *On a* $\sigma\alpha \in C_K$ *si et seulement si s est conservé par tout automorphisme de* D, *appartient à* I_D (*donc au centre de* I_D) *et si* α *est l'automorphisme intérieur de deuxième catégorie associé à s.*

Enfin, on montre que les éléments de C_K de la forme $\sigma\alpha$ ne sont autres que celles des applications $\bar{\sigma}$ définies par $x \to xs$ qui corespondent à un élément s de I_D conservé par tout automorphisme de D.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la classification des algèbres de Lie simples et de leurs représentations.* Note de M. **Claude Chevalley**, présentée par M. Élie Cartan.

La classification des algèbres de Lie simples sur un corps algébriquement clos K a été ramenée par M. É. Cartan [1] à la détermination de *systèmes d'entiers* S jouissant de certaines propriétés. Ayant déterminé tous les systèmes S possibles, M. Cartan montre, en examinant chaque cas séparément, qu'il correspond à chacun d'eux un type d'algèbre simple et un seul. M. van der Waerden, s'appuyant sur les résultats de M. H. Weyl, a montré *a priori* qu'il ne pouvait exister plus d'un seul type d'algèbre pour un S donné [2]. M. Witt a donné une construction très élégante des algèbres qui correspondent aux cinq systèmes S *exceptionnels* [3]. Il n'en serait pas moins désirable d'avoir une démonstration *a priori* de l'existence d'une algèbre correspondant à un système S donné.

Une question analogue se pose en ce qui concerne les représentations irréductibles des algèbres simples. A chaque système S de rang l on peut faire correspondre une forme quadratique définie positive sur un espace vectoriel V de dimension l sur le corps des rationnels. Les racines α associées à S sont des fonctions linéaires sur V ; on peut en trouver l, soient $\alpha_1, \ldots, \alpha_l$ telles que les autres en soient des combinaisons linéaires à coefficients entiers tous de même

---

(1) *Sur la structure des groupes de transformations finis et continus* (*Thèse*, Paris, 1894).

(2) B. L. van der Waerden, *Math. Zeits.*, **37**, 1933, p. 446-462, et H. Weyl, *Math. Zeits.*, **23**, 1924, p. 271-309; **24**, 1925, p. 328-376 et 377-395. Signalons en passant une erreur contenue dans le mémoire de M. van der Waerden : le groupe F_4 est un sous-groupe de E_6 et G_2 un sous-groupe de D_4.

(3) *Hamb. Abhand.*, **14**, 1941, p. 289-322. Dans ce mémoire, M. Witt démontre aussi *a priori* qu'à tout système d'entiers correspond une algèbre simple pourvu qu'il en soit ainsi pour les systèmes de rang ≤ 4.

signe. Nous appellerons *positives* les racines pour lesquelles ces coefficients sont $\geqq 0$. Les racines α_i sont dites former un *système fondamental*. A chaque racine α correspond au moyen de la forme quadratique sur V un élément H_α de V. De plus, on associe à α la symétrie s_α par rapport au plan $\alpha = 0$ dans V; les opérations s_α engendrent un groupe fini W dont les éléments permutent entre eux les éléments H_α. Une fonction linéaire w sur V s'appellera un *poids* si les nombres $2w(H_\alpha)$ sont tous entiers, et un *poids dominant* si les nombres $w(H_{\alpha_i})$ ($1 \leqq i \leqq l$) sont de plus tous $\geqq 0$ (cette définition est équivalente à celle de M. Cartan, comme M. Weyl l'a montré). A chaque représentation irréductible ρ de l'algèbre L déterminée par le système S correspondent un certain nombre de poids, et, parmi eux, un *poids dominant maximal* w_0, qui a la propriété que $w_0 + \alpha$ n'est jamais un poids de ρ si α est une racine positive. M. Cartan a montré *a priori* que la représentation ρ est déterminée (à une équivalence près) par la donnée de w_0 ([4]). Examinant ensuite les systèmes S un à un, il montre que tout poids dominant est poids dominant maximal d'une représentation irréductible. M. H. Weyl a démontré le même fait *a priori* au moyen de considérations basées sur la théorie transcendante des groupes compacts ([5]). Il n'en serait pas moins désirable d'avoir une démonstration algébrique *a priori* de ce fait.

Nous allons indiquer une méthode qui permet de combler les deux lacunes signalées ci-dessus. On se donne un système S, avec l'espace V correspondant, ainsi qu'un système fondamental de racines $\alpha_1, \ldots, \alpha_l$. On pose $a_{ij} = \alpha_i(H_{\alpha_j})$. On forme un espace vectoriel infini M ayant une base $\{x(\sigma)\}$ dont les éléments sont en correspondance biunivoque avec les suites finies d'entiers de 1 à l (y compris la suite vide, auquel correspond un vecteur x_0). Soit w_0 un poids dominant. A chaque $\sigma = (i_1, \ldots, i_m)$ on associe le poids $w_\sigma = w_0 - \Sigma_{\mu=1}^{m} \alpha_{i_\mu}$. Un vecteur u est dit isobare de poids w s'il est combinaison linéaire des $x(\sigma)$ pour lesquels $w_\sigma = w$. Il est facile de construire $3l$ opérateurs linéaires P_i, Q_i, D_i sur M qui possèdent les propriétés suivantes : $[P_j, D_i] = a_{ji} P_j$, $[Q_j, D_i] = -a_{ji} Q_j$, $[Q_i, P_i] = D_i$, $[Q_j, P_i] = 0$, si $i \neq j$; de plus, on a $D_i x(\sigma) = w_\sigma(H_{\alpha_i}) x(\sigma)$, $P_i x_0 = 0$, $Q_i x(\sigma) = x(i, \sigma)$. Un vecteur isobare u de M sera dit de première ou de seconde espèce selon qu'il existe ou non un opérateur U de l'algèbre engendrée par les P_i, Q_i, D_i tel que $Uu = \chi x_0$ avec $\chi \neq 0$ dans K.

Les vecteurs de seconde espèce engendrent un sous-espace N de M qui est appliqué dans lui-même par les P_i, Q_i, D_i; on en déduit des opérateurs P'_i, Q'_i, D'_i sur M/N. Le point essentiel consiste à établir que M/N est de dimension finie. Pour ce faire, on établit que, si s est une opération du groupe W qui change α_i en β_i ($1 \leqq i \leqq l$), il existe dans l'algèbre engendrée par les P'_i, Q'_i, D'_i

([4]) *Bull. Soc. Math. de France*, 41, 1913, p. 53-96.
([5]) Cf. *loc. cit.*, note ([2]).

des opérateurs sP'_i, sQ'_i, sD'_i qui jouissent par rapport aux racines $\beta_1, \ldots, \beta_l$ de propriétés semblables à celles des P_i, Q_i, D_i par rapport aux racines α_i. De plus, il existe un vecteur $y \neq 0$ de M/N qui est appliqué sur O par les sP'_i. On montre alors que, s'il existe dans M/N un vecteur appartenant au poids w, il en existe aussi un appartenant au poids sw. En particulier sw doit être de la forme $w_0 - \Sigma_{\mu=1}^{m} \alpha_{i_\mu}$. Or on peut toujours choisir s tel que sw soit dominant, et cela ne laisse qu'un nombre fini de possibilités pour sw et par suite pour w, d'où il résulte immédiatement que M/N est de dimension finie. Ceci dit, les opérateurs P'_i, Q'_i, D'_i engendrent une algèbre de Lie L qui est une algèbre simple correspondant au système S (à condition que $w_0 \neq 0$) et dont on obtient du même coup une représentation irréductible ayant w_0 comme poids dominant maximal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation des fonctions circulaires et hyperboliques.* Note (*) de M. **Théodore Oniga**, présentée par M. Henri Villat.

Désignons par

$$\alpha,\ \alpha^2,\ \alpha^3,\ \ldots,\ \alpha^n = 1 \qquad (\alpha^{n+k} = \alpha^k)$$

les racines $n^{\text{ièmes}}$ de l'unité, et posons

$$\lambda = \cos\frac{\pi}{n} + i\sin\frac{\pi}{n} = e^{i\frac{\pi}{n}} \qquad (\lambda^n = -1).$$

Les fonctions

$$\Phi_{n1} = \frac{e^{\alpha x} + e^{\alpha^2 x} + \ldots + e^{\alpha^n x}}{n} \supset \frac{p^n}{p^n - 1},$$

$$\Phi_{n2} = \frac{\alpha e^{\alpha x} + \alpha^2 e^{\alpha^2 x} + \ldots + \alpha^n e^{\alpha^n x}}{n} = \frac{d\Phi_{n1}}{dx},$$

$$\Phi_{nk}(x) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha^{j(k-1)} e^{\alpha^j x} \supset \frac{p^{k-1}}{p^n - 1},$$

$$\Psi_{n1} = \frac{e^{\lambda\alpha x} + e^{\lambda\alpha^2 x} + \ldots + e^{\lambda\alpha^n x}}{n} \supset \frac{p^n}{p^n + 1},$$

$$\Psi_{n2} = \frac{\alpha e^{\lambda\alpha x} + \alpha^2 e^{\lambda\alpha^2 x} + \ldots + \alpha^n e^{\lambda\alpha^n x}}{n}\lambda = \frac{d\Psi_{n1}}{dx},$$

$$\Psi_{nk}(x) = \frac{\lambda^{k-1}}{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha^{j(k-1)} e^{\lambda\alpha^j x} \supset -\frac{p^{k-1}}{p^n + 1},$$

ont la propriété de se reproduire après n dérivations successives, avec conservation (Φ) ou changement (Ψ) de signe

$$\frac{d^n\Phi_{nk}}{dx^n} = \Phi_{nk} = \Phi_{n\,n+k}, \qquad \frac{d^n\Psi_{nk}}{dx^n} = \lambda^n\Psi_{nk} = -\Psi_{nk},$$

(*) Séance du 22 novembre 1948.

et constituent par conséquent une généralisation des fonctions hyperboliques ($\Phi_{21} = \text{ch}\,x$, $\Phi_{22} = \text{sh}\,x$) et circulaires ($\Psi_{21} = \cos x$, $\Psi_{22} = -\sin x$; $\Psi_{3k} =$ les sinus d'Abel). Les fonctions Φ_{nk} (d'ordre n et de rang k) sont liées aux fonctions Ψ_{nk} par les relations

$$\Phi_{nk}(x) = \frac{1}{\lambda^{k-1}}\Psi_{nk}\left(\frac{x}{\lambda}\right), \qquad \Psi_{nk}(x) = \lambda^{k-1}\Phi_{nk}(\lambda x).$$

En résolvant les systèmes linéaires de définition par rapport aux $e^{\alpha x}$, on obtient les relations d'Euler généralisées

$$\Phi_{n1} + \alpha^k\Phi_{n2} + \ldots + \alpha^{(n-1)k}\Phi_{nn} = e^{\alpha^{n-k}x}, \qquad \Psi_{n1} + \frac{\alpha^k}{\lambda}\Psi_{n2} + \ldots + \frac{\alpha^{(n-1)k}}{\lambda^{n-1}}\Psi_{nn} = e^{\lambda\alpha^{n-k}x}.$$

Le développement en série ($k = 2, 3, \ldots, n, n+1$)

$$\Phi_{nk} = \sum_{j=1}^{\infty}\frac{x^{jn-k+1}}{(jn-k+1)!}, \qquad \Psi_{nk} = \sum_{j=1}^{\infty}(-1)^j\frac{x^{jn-k+1}}{(jn-k+1)!}$$

montre que les fonctions Φ et Ψ sont *réelles* (termes de n en n du développement de e^x, respectivement de e^{-x}). Les définitions peuvent être étendues d'ailleurs au cas de la variable complexe.

On a : $\Phi_{n1}(0) = 1$, $\Phi_{nk}(0) = 0$ pour $k \neq 1$, $\Phi_{nk}(\infty) = \infty$, donc les fonctions Φ sont *apériodiques*. De même : $\Psi_{n1}(0) = 1$, $\Psi_{nk}(0) = 0$ pour $k \neq 1$, mais $\Psi_{nk}(\infty)$ est indéterminé. On démontre cependant (il suffit d'examiner la périodicité de $e^{\lambda\alpha^{n-k}x}$ et d'annuler la partie réelle de $\lambda\alpha^{n-k}x$) que Ψ_{nk} ne peut être périodique que pour $n = 2$.

On a ensuite

$$\begin{aligned}\Phi_{nk} + \Psi_{nk} &= 2\Phi_{2n\,k}\\ \Phi_{nk} - \Psi_{nk} &= 2\Phi_{2n\,n+k}\end{aligned} \qquad \left(\Phi_{nk} + \Psi_{nk} \supset \frac{2p^{k-1}}{p^{2n}-1} \subset 2\Phi_{2n\,k}\right)$$

et en ce qui concerne la parité

$$\begin{aligned}\Phi_{2m\quad j}(-x) &= (-1)^{j+1}\Phi_{2m\quad j}(x), &\quad \Psi_{2m\quad k}(-x) &= (-1)^{k+1}\Psi_{2m\quad k}(x),\\ \Phi_{2m+1\,j}(-x) &= (-1)^{j+1}\Psi_{2m+1\,j}(x), &\quad \Psi_{2m+1\,k}(-x) &= (-1)^{k+1}\Phi_{2m+1\,k}(x),\end{aligned}$$

de sorte que toutes les fonctions Φ peuvent s'exprimer à l'aide des fonctions Ψ du même ordre ou d'ordre inférieur.

Formules d'addition :

$$\Phi_1(x+y) = \sum_{j=0}^{n}\Phi_{j+1}(x)\,\Phi_{n+1-j}(y), \qquad \Psi_1(x+y) = \Psi_1(x)\,\Psi_1(y) - \sum_{j=0}^{n-2}\Psi_{j+2}(x)\,\Psi_{n-j}(y),$$

$$\Phi_2(x+y) = \frac{d\,\Phi_1(x+y)}{dx\ (\text{ou}\ dy)}, \quad \ldots; \qquad \Psi_2(x+y) = \frac{d\,\Psi_1(x+y)}{dx}, \quad \ldots,$$

et en faisant $y = x$ on a $\Phi(2x)$, ... Pour $\Phi(x-y)$ on tient compte de la parité.

Formule de Moivre généralisée :

$$\left[\sum_{j=1}^{n}\Phi_{nj}(x)\right]^{m}=\sum_{j=1}^{n}\Phi_{nj}(mx),\qquad \left[\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{\lambda^{k-1}}\Psi_{nk}(x)\right]^{m}=\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{\lambda^{k-1}}\Psi_{nk}(mx).$$

D'autres relations s'obtiennent aisément, telles que

$$\alpha^{mk}\Phi_{nk}(\alpha^{m}x)=\Phi_{nk}(x),\qquad \alpha^{nk}\Psi_{nk}(\alpha^{m}x)=\Psi_{nk}(x),$$

$$\Psi_{n1}+\Psi_{n2}+\ldots+\Psi_{nn}=1-\left(\frac{x}{1!}+\frac{x^{2}}{2!}+\ldots+\frac{x^{n}}{n!}\right)+\left(\frac{x^{n+1}}{(n+1)!}+\ldots+\frac{x^{2n}}{(2n)!}\right)-\ldots,$$

$$\frac{1}{2}\left(\sum_{j=1}^{n}\Phi_{nj}+\sum_{k=1}^{n}\Psi_{nk}\right)$$

$$=1+\frac{x^{n+1}}{(n+1)!}+\frac{x^{n+2}}{(n+2)!}+\ldots+\frac{x^{2n}}{(2n)!}+\frac{x^{3n+1}}{(3n+1)!}+\frac{x^{3n+2}}{(3n+2)!}+\ldots,$$

$$\Phi_{nk}\Psi_{nk}=-\left[\frac{x^{n-k+1}}{(n-k+1)!}\right]^{2}+\left[\frac{x^{2n-k+1}}{(2n-k+1)!}\right]^{2}-\left[\frac{x^{3n-k+1}}{(3n-k+1)!}\right]^{2}+\ldots.$$

On peut enfin définir des fonctions composées, du genre tangente par exemple :

$$\chi_{nk}=\frac{\Phi_{nk}}{\Phi_{nk+1}},\qquad \frac{d\chi_{k}}{dx}=1-\frac{\chi_{k}}{\chi_{k+1}},\qquad \int\frac{dx}{\chi_{k}(x)}=\operatorname{Log}\Phi_{k}(x)+\text{const.},\qquad \ldots.$$

Applications. — 1° Expressions commodes des intégrales d'une équation de la forme $y^{(n)}\pm Ay=0$, ainsi que de certains systèmes linéaires d'ordre n. 2° Toutes les correspondances symboliques de la forme $p^{k}/(p^{n}\pm 1)$. 3° Analogies diverses avec les fonctions de Bessel, etc.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries orthogonales* C(1)*-sommable et* $\lambda(n)$*-lacunaires.* Note de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit $\{\varphi_n(x)\}$ une suite orthonormale définie dans un intervalle (a, b). Nous supposons dans ce qui suit que la série $\Sigma c_n\varphi_n(x)$ est C(1)-sommable presque partout dans (a, b). D'après un théorème bien connu de M. Menchoff (¹), ce sera le cas, en particulier, lorsque $\Sigma c_n^2(\log\log n)^2<\infty$.

Désignons les termes différents de zéro de la suite $\{c_n\}$, par $\{c_{m(i)}\}$ $(i=1,2,\ldots)$. D'après un théorème connu de M. Kolmogoroff (²) si

$$m(i+1)/m(i)\geq q>1\ (i=1,2,\ldots),$$

alors $\Sigma c_n\varphi_n(x)$ converge presque partout. Ce théorème a été généralisé récem-

(¹) *Cf.* St. Kaczmarz et H. Steinhaus, *Theorie der Orthogonalreihen*, Warszawa, 1935, p. 190.

(²) *Loc. cit.*, p. 161.

ment par M. Alexits ([3]), puis par M. Rényi ([4]). Dans cette Note nous nous proposons de donner des énoncés plus précis que ceux donnés par ces auteurs.

La définition suivante est due à M. Alexits :

DÉFINITION. — *Soit* $\lambda(n) \geq 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$. *La suite* $\{c_n\}$ *sera appelée* $\lambda(n)$-*lacunaire lorsque le nombre des termes non nuls parmi les termes* $c_n, c_{n+1}, \ldots, c_{2n-1}$ *est* $O[\lambda(n)]$, *autrement dit lorsque* $\sum_{n \leq m(i) < 2n} 1 \leq C\lambda(n)$ *où* C *est indépendant de* n, *pour* n *assez grand.*

THÉORÈME I. — *Soit* $\{c_n\}$ $\lambda(n)$-*lacunaire. Supposons que*

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_n^2 \log^2 \lambda(n) < \infty, \tag{1}$$

alors $\Sigma c_n \varphi_n(x)$ *converge presque partout.*

Ce théorème a été démontré par M. Alexits ([3]) avec la condition plus restrictive $\Sigma c_n^2 \lambda(n) < \infty$ au lieu de (1).

THÉORÈME II. — *Supposons que* $\overline{\lim}\, \lambda(n) = +\infty$ *et* $\Sigma c_n^2 \lambda(n) < \infty$. *Soit* $\Lambda(n)$ *le plus petit entier pour lequel* $\lambda(\Lambda(n)) \geq n$. *Supposons de plus*

$$\sum_{\Lambda(n) < m(i) < \Lambda(n+1)}^{(i)} 1 = O(a^{\sqrt{n}}). \tag{2}$$

Conclusion. — $\Sigma c_n \varphi_n(x)$ *converge presque partout.*

Avec la condition $\sum_{\Lambda(n) \leq m(i) < \Lambda(n+1)}^{(i)} 1 = O(n)$ remplaçant la condition (2), ce théorème est dû à M. Rényi ([4]).

La démonstration des théorèmes ci-dessus consiste à montrer que

$$[m(i)+1]^{-1} \sum_{n=2^k+1}^{m(i)} n\varphi_n(x) = o(1),$$

pour $i, k \to \infty$, où $2^k < m(i) < 2^{k+1}$. MM. Alexits et Rényi basent leur démonstration sur la même idée, mais nous utilisons le procédé plus subtil de Plancherel-Menchoff-Rademacher ([5]).

Du théorème I, on tire le corollaire suivant :

COROLLAIRE I. — *Si la suite* $\{c_n\}$ *est* $\lambda(n) = (\log n)^{\varepsilon}$-*lacunaire* $(\varepsilon > 0)$, *et si l'on a* $\Sigma c_n^2 (\log \log n)^2 < \infty$, *alors* $\Sigma c_n \varphi_n(x)$ *converge presque partout.*

M. Alexits a énoncé ce corollaire avec la condition plus restrictive que la suite $\{c_n\}$ soit $(\log \log n)^2$-lacunaire.

([3]) *Acta Sci. Math. Szeged.*, **11**, 1946-48, p. 251-253.
([4]) *Acta Sci. Math. Szeged.*, **11**, 1946-48, p. 253.
([5]) *Loc. cit.*, p. 162-164.

Définissons la fonction $M(n)$ de la façon suivante : pour n entier positif, soit i l'entier positif unique tel que $m(i) \leq n < m(i+1)$. On posera $M(n) = i$ $(n = 1, 2, \ldots)$, [$M(n)$ est donc la fonction inverse continue à gauche de $m(i)$]. D'un théorème de MM. Menchoff et Rademacher [6], on obtient :

Théorème III. — *Si* $M(n)$ *est la fonction qui appartient à la suite* $\{c_n\}$, *et si* $\Sigma c_n^2 \log^2 M(n) < \infty$, *alors* $\Sigma c_n \varphi_n(x)$ *converge presque partout.*

Pour le cas d'une série $\lambda(n) = (\log n)^\rho$-lacunaire, on peut estimer $M(n)$ supérieurement et l'on obtient encore une fois le corollaire I.

Les résultats de cette Note ne peuvent probablement pas être améliorés.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la représentation paramétrique de la surface commune à deux hyperquadriques dans* S_4. Note (*) de M. **Amin Yasin Amin**, présentée par M. Élie Cartan.

La représentation rationnelle effective de l'intersection de deux hyperquadriques est connue dès qu'on sait expliciter une droite de cette intersection [1]. Or il est très facile de trouver une droite sur la variété définie par les équations

$$x^2 + y^2 + z^2 + t^2 + \theta^2 = 0, \tag{1}$$

$$ax^2 + by^2 + cz^2 + dt^2 + e\theta^2 = 0 \tag{2}$$

dans lesquelles a, b, c, d, e sont supposés inégaux [2]. Les deux hyperquadriques d'équations (1) et (2) sont rapportées à leur simplexe auto-polaire.

La droite cherchée joint les deux points

$$M_1\left(\frac{1}{\sqrt{f'(a)}}, \frac{1}{\sqrt{f'(b)}}, \frac{1}{\sqrt{f'(c)}}, \frac{1}{\sqrt{f'(d)}}, \frac{1}{\sqrt{f'(e)}}\right)$$

et

$$M_2\left(\frac{a}{\sqrt{f'(a)}}, \frac{b}{\sqrt{f'(b)}}, \frac{c}{\sqrt{f'(c)}}, \frac{d}{\sqrt{f'(d)}}, \frac{e}{\sqrt{f'(e)}}\right)$$

en posant

$$f(\lambda) = (\lambda - a)(\lambda - b)(\lambda - c)(\lambda - d)(\lambda - e).$$

On peut obtenir cette droite de façon naturelle par une méthode analogue à celle qui est exposée par Darboux pour la recherche des 16 droites d'une cyclide [3]. On peut aussi se contenter de vérifier que les points M_1 et M_2 appartiennent aux deux hyperquadriques (1) et (2) et qu'ils sont conjugués

(6) *Loc. cit.*, p. 164.

(*) Séance du 15 novembre 1948.

(1) L. Lesieur, *Bull. Soc. Math. de France*, 1945, p. 53.

(2) Si, par exemple, $a = b$, la surface acquiert deux points doubles sur la ligne $z = t = 0$.

(3) Darboux, *Principes de géométrie analytique*, Paris, 1917, p. 456-457.

sur chacune d'elles, c'est-à-dire

$$\sum \frac{a^n}{f'(a)} = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, 3).$$

Or la fraction rationnelle

$$\frac{\lambda^{n+1}}{f(\lambda)},$$

décomposée en éléments simples pour $n < 4$, s'écrit

$$\frac{\lambda^{n+1}}{f(\lambda)} = \sum \frac{a^{n+1}}{(\lambda - a) f'(a)},$$

ce qui donne, en faisant $\lambda = 0$,

$$\sum \frac{a^n}{f'(a)} = 0, \qquad (n < 4).$$

Pour obtenir la représentation rationnelle cherchée, il suffit alors de couper par un plan variable passant par $M_1 M_2$; on peut définir ce plan par $M_1 M_2$ et un point $P(\xi, \eta, \zeta, 0, 0)$, variable dans un plan, et dont les coordonnées homogènes seront les paramètres homogènes de la représentation. Il y a correspondance birationnelle entre P et un point M de la variété (1), (2).

Cette intersection s'obtient en posant

$$(3) \qquad M = \lambda M_1 + \mu M_2 + \nu P$$

et en portant dans (1) et (2). λ, μ, ν sont les solutions du système linéaire

$$\begin{cases} \lambda \sum \dfrac{2\xi}{\sqrt{f'(a)}} + \mu \sum \dfrac{2a\xi}{\sqrt{f'(a)}} + \nu \sum \xi^2 = 0, \\ \lambda \sum \dfrac{2a\xi}{\sqrt{f'(a)}} + \mu \sum \dfrac{2a^2\xi}{\sqrt{f'(a)}} + \nu \sum a\xi^2 = 0. \end{cases}$$

On peut prendre

$$(4) \quad \lambda = \sum \frac{b(a-b)}{\sqrt{f'(b)}} \xi^2 \eta; \qquad \mu = \sum \frac{b-a}{\sqrt{f'(b)}} \xi^2 \eta; \qquad \nu = 2 \sum \frac{(a-b)^2}{\sqrt{f'(a) f'(b)}} \xi^2 \eta,$$

puis, en portant dans (3) les expressions (4) de λ, μ, ν, il vient :

$$x = \frac{(a-b)^2}{\sqrt{f'(a)f'(b)}} \xi^2 \eta + \frac{(c-a)^2}{\sqrt{f'(c)f'(a)}} \xi^2 \zeta + \frac{(b-c)(c-a)}{\sqrt{f'(c)f'(a)}} \eta^2 \zeta + \frac{(a-b)(b-c)}{\sqrt{f'(a)f'(b)}} \zeta^2 \eta + \frac{2(b-c)^2}{\sqrt{f'(b)f'(c)}} \xi \eta \zeta,$$

$$y = \frac{(b-c)^2}{\sqrt{f'(b)f'(c)}} \eta^2 \zeta + \frac{(a-b)^2}{\sqrt{f'(a)f'(b)}} \eta^2 \xi + \frac{(c-a)(a-b)}{\sqrt{f'(a)f'(b)}} \zeta^2 \xi + \frac{(b-c)(c-a)}{\sqrt{f'(b)f'(c)}} \xi^2 \zeta + \frac{2(c-a)^2}{\sqrt{f'(c)f'(a)}} \xi \eta \zeta,$$

$$z = \frac{(c-a)^2}{\sqrt{f'(c)f'(a)}} \zeta^2 \xi + \frac{(b-c)^2}{\sqrt{f'(b)f'(c)}} \zeta^2 \eta + \frac{(a-b)(b-c)}{\sqrt{f'(b)f'(c)}} \xi^2 \eta + \frac{(c-a)(a-b)}{\sqrt{f'(c)f'(a)}} \eta^2 \xi + \frac{2(a-b)^2}{\sqrt{f'(a)f'(b)}} \xi \eta \zeta,$$

$$t = \sum \frac{(a-b)(b-d)}{\sqrt{f'(d)f'(b)}} \xi^2 \eta,$$

$$\theta = \sum \frac{(a-b)(b-e)}{\sqrt{f'(e)f'(b)}} \xi^2 \eta.$$

Telles sont les équations paramétriques explicites de la variété biquadratique de S_4.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Le module d'élasticité et la limite de fatigue.* Note (*) de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Albert Portevin.

La représentation analytique des résultats de l'étude expérimentale de l'allongement unitaire e_1 dû à l'application instantanée, au caoutchouc ou au plexiglas (matière thermoplastique), d'une contrainte uniforme de traction N_1 maintenue ensuite constante, nous a conduit : 1° à étendre aux solides les propriétés des fluides visqueux [1] (les phénomènes sont réversibles); on montre qu'il existe deux coefficients de viscosité λ' et μ'; 2° à considérer μ' comme pratiquement nul (allongement quasi instantané), tandis que λ' est fini (fluage continu en fonction du temps); 3° à admettre que le module d'élasticité E, le coefficient de Poisson σ, ainsi que λ' varient au cours de la déformation; la matière devient anisotrope, d'où : *a.* l'augmentation de e_1/N_1 avec N_1; *b.* l'anisotropie optique des matières transparentes sous tension; *c.* la variation de E avec la température (dilatation); *d.* la mise en évidence par diffraction des rayons X d'une structure orientée dans le caoutchouc sous tension [2], etc.

Selon la matière et les efforts appliqués (statiques ou dynamiques, chocs) λ' peut être nul (élasticité parfaite) ou fini (matières plastiques). On retrouve ainsi les propriétés mécaniques des différentes matières en traction et en flexion; dans ce dernier cas, la valeur absolue de e_1 est plus grande du côté tendu que du côté comprimé (conforme aux essais de flexion avec le plexiglas photoélastique).

En admettant que seul E varie au cours de la déformation (variations faibles), on a

$$E_i = E_0(1 - a\theta - be_i) \qquad (i = 1, 2, 3),$$

$$N_i = \frac{E_i}{1+\sigma}\left(\frac{\sigma}{1-2\sigma}\theta + e_i\right) + \frac{d}{dt}(\lambda'\theta + \mu' e_i) \qquad \left(\theta = \sum_{i=1}^{3} e_i\right).$$

En traction simple, $N_1 = \text{const.}$, $N_2 = N_3 = 0$, $\theta = 0$ pour $t = 0$; θ et e_1 tendent vers des limites finies lorsque $N_1 < (N_1)_0$; e_1 augmente indéfiniment pour une valeur finie de t lorsque $N_1 > (N_1)_0$ (rupture de l'éprouvette). $(N_1)_0$ dépend de E_0, σ, a et b.

Les métaux étant continus et isotropes en moyenne (volume suffisamment grand, pour contenir un nombre important de cristallites anisotropes, n'ayant subi aucune orientation privilégiée par un traitement quelconque), on peut leur appliquer les équations précédentes, dans la période dite élastique; pour les

---

(*) Séance du 22 novembre 1948.

(1) Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. III, Paris.

(2) J. Thibaut, *Les Rayons X*, p. 177-178, Armand Colin.

essais statiques $\lambda' = \mu' = 0$, la déformation limite est atteinte immédiatement.

Si l'on applique à une éprouvette métallique des contraintes périodiques de fréquence assez élevée (50 par seconde), les effets dus à λ' cessent d'être négligeables (dégagement de chaleur). Si E restait constant, les équations montrent qu'il s'établirait un régime périodique stable quelle que soit la valeur de l'amplitude des contraintes alternées. Si E varie au cours de la déformation, et en admettant, pour simplifier $b = 0$, θ est définie, dans l'essai de traction-compression où $N_1 = N' + N'' \sin\omega t$ par l'équation de Riccatti

$$-\frac{E_0 a}{1-2\sigma}\theta^2 + \frac{E_0}{1-2\sigma}\theta + 3\lambda'\frac{d\theta}{dt} = N' + N''\sin\omega t,$$

$$\theta = \frac{1}{2e} - \frac{3\lambda'(1-2\sigma)}{E_0 a}\frac{y'}{y}, \qquad y'' = \frac{E_0 a}{9(1-2\sigma)\lambda'^2}\left[\frac{E_0}{4(1-2\sigma)a} - N' - N''\sin\omega t\right]y.$$

Les intégrales sont $y = A\,e^{\alpha(t/T)}f(t) + B\,e^{-\alpha(t/T)}\varphi(t)$, où f et φ sont périodiques $(2\pi/\omega = T)$. Selon les valeurs relatives de N' et N'' par rapport à $E_0/4(1-2\sigma)a$, α est réel ou imaginaire. Dans le premier cas lorsque t augmente, θ tend rapidement vers une fonction périodique de période T (régime stable). Au contraire, dans le second cas, il se superpose une autre fonction périodique de période réelle $2\pi i T/\alpha$ (régime non stabilisé), grande par rapport à T ($\alpha = 0$ sépare les deux régimes); la rupture de l'éprouvette doit alors survenir, θ et e_1 devenant très grands au bout d'un temps fini.

A chaque valeur de N' correspond une valeur limite de N'' séparant le régime stable (N'' petit) du régime non stabilisé (N'' grand) : c'est la limite de fatigue. De même, à chaque valeur de N'' correspond une valeur limite de N' qui, pour $N'' = 0$, se confond avec $(N_1)_0 = E_0/4(1-2\sigma)a$ [essai statique pour lequel e_1 augmente indéfiniment lorsque $N' > (N_1)_0$]. On voit que la limite de N'' décroît lorsque N' croît; en étudiant la flexion rotative, le calcul montre que la limite de fatigue est distincte de celle de traction-compression ; elle dépend du diamètre de l'éprouvette et, plus généralement, du gradient des déformations. Ces résultats théoriques sont conformes à l'expérience, qui montre aussi que la température de l'éprouvette se stabilise au-dessous de la limite de fatigue, alors qu'il n'en est rien au-dessus.

Il semble donc que l'existence de deux coefficients de viscosité et la variation des coefficients élastiques au cours de la déformation permettent de rendre compte des propriétés mécaniques, statiques et périodiques, en traction et flexion, de matériaux divers tels que le caoutchouc, les matières plastiques et les métaux.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les équations d'onde du corpuscule de spin 1/2 à masses multiples.* Note (*) de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il existe, pour toute valeur donnée du spin total, une suite de systèmes d'équations d'onde corpusculaires, satisfaisant aux conditions habituelles de la Mécanique Ondulatoire, et définissant des représentations de corpuscules à masses multiples. Le nombre de ces masses peut être arbitrairement choisi, de même que leurs valeurs.

Dans la présente Note, nous nous proposons de donner l'exemple le plus simple d'un tel système d'équations : celui décrivant un corpuscule de spin 1/2 à deux masses. Dans ce qui suit, nos notations sont celles de nos Notes précédentes (1), à ceci près que nous représentons les opérateurs $A^{\left[\begin{smallmatrix} p & q \\ \mp & \mp \end{smallmatrix}\right]}$ par $\partial^{\left[\begin{smallmatrix} p & q \\ \mp & \mp \end{smallmatrix}\right]}$.

Soit donc le système

$$(\Sigma)\qquad \begin{cases} (1) & \partial^{\left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ + & - \end{smallmatrix}\right]}\psi^{(01)} + \partial^{\left[\begin{smallmatrix} 2 & 1 \\ - & - \end{smallmatrix}\right]}\psi^{(21)} = a\psi^{(10)}, \\ (2) & \partial^{\left[\begin{smallmatrix} 1 & 2 \\ + & - \end{smallmatrix}\right]}\psi^{(12)} + b\,\partial^{\left[\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ + & + \end{smallmatrix}\right]} = c\psi^{(21)}, \\ (3) & \partial^{\left[\begin{smallmatrix} 1 & 2 \\ - & + \end{smallmatrix}\right]}\psi^{(12)} = 0. \end{cases}$$

L'action de l'opérateur de spin total S^2 sur les fonctions d'onde se traduit par des équations de la forme : $\Phi = S^2\Psi$, soit

$$(4)\quad \Phi^{pq}_{rs} = \frac{1}{4}\{(q-2s-p+2r)^2 + 2(p-2r)(2r+1) + 2(q-2s)(2s+1) + 4r(r+1) + 4s(s+1)\}\psi^{pq}_{rs} + (p-r)(q-s)\psi^{p\ \ q}_{r+1\ s+1} + rs\,\psi^{p\ \ q}_{r-1\ s-1}.$$

La comparaison de (3) et de (4) montre que, pour une onde plane dans le système propre du corpuscule, S^2 admet pour seule valeur propre $3/4 = 1/2(1+1/2)$. Le spin total du corpuscule est bien 1/2.

Un formalisme quantique peut être défini, à partir du quadrivecteur courant

$$(5)\qquad V = \rho(\psi^{(01)};\psi'^{(10)}) - \frac{1}{b}\rho(\psi'^{(12)};\psi^{(21)}) + \rho(\psi^{(10)};\psi'^{(21)}) - \rho(\psi'^{(10)};\psi^{(21)}),$$

(b est supposée réelle).

Ce quadrivecteur V a une divergence d'espace-temps nulle si c et a sont imaginaires purs, ce que nous supposerons.

La composante de temps de V joue le rôle de densité de probabilité de présence.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 638-640, 855-857, 1076-1079 et **224**, 1947, p. 1332-1334.

Les équations (1) et (2) peuvent être mises sous la forme $-i(\partial\psi/\partial t) = H\psi$. L'opérateur H ainsi défini est hermitien par rapport au formalisme introduit par V.

Si nous cherchons les solutions du système Σ qui sont de la forme $\psi = \psi_0 e^{\omega t}$, les ψ_0 étant indépendantes des variables d'espace et de temps, nous sommes conduits à l'équation

$$(6) \qquad (1-3b)^2 u^2 + [2ac(1-3b) - (c+a)^2]u + a^2c^2 = 0 \qquad \text{où} \quad u = \omega^2.$$

Pour que les masses du corpuscule représenté soient réelles, l'équation (6) doit admettre deux racines réelles négatives, ce qui est réalisé dans des conditions étendues [par exemple pour $b > (1/3)$, quels que soient a et c imaginaires purs]. Il est manifestement impossible de séparer le système Σ en deux systèmes indépendants l'un de l'autre par des combinaisons linéaires portant sur les $\psi^{(10)}$ et $\psi^{(12)}$.

Il est évident, d'autre part, que les deux valeurs de la masse propre du corpuscule représenté ne sont liées par aucune relation indépendante de a, b et c, ce qui les rend largement ajustables.

Il serait aisé de généraliser Σ, grâce à l'adjonction de spineurs du type $\psi^{(p\,p+1)}$, et de nouvelles équations. Le nombre des masses propres pourrait être aussi grand que l'on voudrait, et il serait même possible d'envisager, à la limite, une représentation du corpuscule de spin 1/2 à une infinité d'états de masse propre.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur les limites d'emploi des manomètres thermiques pour la mesure des basses pressions.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si la jauge de Mc Leod reste l'instrument fondamental pour la mesure des basses pressions, parce qu'elle repose sur un principe simple et qu'elle fournit des mesures absolues, les inconvénients qu'elle présente n'en sont pas moins gênants dans beaucoup de cas. Ces inconvénients consistent surtout en ce qu'elle ne tient pas compte des gaz facilement condensables, et qu'elle ne décèle pas, sur simple observation directe, les changements de pression. Quand on étudie l'évolution physicochimique d'une masse gazeuse sous faible pression, il reste donc très désirable de disposer d'un instrument ne présentant pas ces défauts. Or les pressions qui sont alors intéressantes sont beaucoup trop grandes pour l'emploi correct et sûr de la jauge à ionisation. On se trouve ramené à songer à la jauge à fil chaud.

Les travaux publiés sur ce type d'instrument depuis le mémoire de Pirani [1] ont surtout porté sur les plus petites pressions décelables. On est arrivé dans ce sens à des résultats remarquables qui permettent à la jauge à fil chaud, conve-

---

[1] *Berichte d. deuts. Physik. Ges.*, **4**, 1906, p. 685.

nablement montée, de rivaliser avec la jauge à ionisation ([2]). Mais on ne paraît guère s'être occupé de son domaine d'application vers les hautes pressions. N. Campbell ([3]), qui pourtant l'employait pour la microanalyse des gaz, ne paraissait pas considérer qu'on pût l'employer avantageusement au delà de $0^{mm},2$ Hg. Une ancienne expérience ([4]) m'a donné à penser que l'on pouvait aller beaucoup plus loin.

L'ampoule manométrique et l'ampoule compensatrice que j'ai construites, la seconde devant être aussi identique que possible à la première, mais parfaitement vidée et scellée, comportent chacune un filament unique et rectiligne de tungstène, de 100^{mm} de longueur et de 45 microns de diamètre. Elles forment les branches *contiguës* d'un pont de Wheatstone dont les deux autres branches sont constituées par deux portions d'un même fil de manganine sur lequel glisse un contact mobile. Les entrées du courant sont ce contact mobile et le point commun aux deux ampoules. Le montage est donc entièrement symétrique, le courant d'alimentation du pont, maintenu constant et connu, se partageant entre les deux moitiés du pont qui comprennent chacune une ampoule et une partie du fil de manganine. Si donc les deux ampoules sont identiques, le zéro du pont, correspondant à une pression nulle dans l'ampoule manométrique, est indépendant du courant d'alimentation, ce qui constitue un avantage important et augmente beaucoup la sûreté des mesures. La construction du curseur portant le contact mobile a été particulièrement soignée pour éviter tout jeu. Pour chaque pression, on déplace le curseur de manière à établir l'équilibre du pont. Les déplacements du chariot, lus au 1/20 de millimètre, servent de mesure à la pression, connue, pour l'étalonnage, au moyen d'une jauge de Mc Leod.

Dans les expériences préliminaires dont il s'agit ici, les ampoules ont été laissées à l'air libre, côte à côte, au lieu d'être immergées dans un thermostat. La température des filaments, sous pression nulle, était en général beaucoup plus élevée que dans les appareils antérieurs, allant jusqu'au rouge naissant pour un courant d'alimentation de 450 mA. Les principaux résultats obtenus ont été les suivants, avec l'hydrogène.

1° *Le déplacement* P *du curseur est proportionnel à la pression jusqu'à une pression* p_m, *d'autant plus grande que le courant d'alimentation est plus intense.* La courbe d'étalonnage est donc rectiligne jusqu'à p_m, et sa pente $\Delta P/\Delta p$ définit la *sensibilité initiale*. Si l'on donne à ΔP la valeur du plus petit déplacement perceptible du curseur (1/20 mm) on peut donc en déduire la plus petite variation de pression Δp à laquelle l'appareil est sensible, ainsi que la précision $\Delta p/p$ avec

---

([2]) *Voir* notamment, Ellet et Zabel, *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 1102; Schérer, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 426.

([3]) *Proc. Phys. Soc.*, 33, 1921, p. 287.

([4]) L. Dunoyer, *Les gaz ultrararéfiés*, dans *Les Idées modernes sur la constitution de la Matière*, conférences de la Société de Physique, p. 242.

laquelle une pression p peut être mesurée. Le Tableau suivant donne les valeurs de p_m, de Δp et de $\Delta p/p_m$ pour différentes intensités d'alimentation I.

....	50	100	150	200	250	300	350	400	450
rons de Hg pour $\Delta P = 0^{mm},05$)..	0,11	0,08	0,09	0,13	0,19	0,27	0,36	0,45	0,54
rons de Hg)................	10	20	50	55	113	165	250	350	500
....	1,1	0,17	0,18	0,24	0,16	0,16	0,14	0,13	0,11

On voit : *a.* que *la sensibilité* initiale *passe par un maximum pour une certaine intensité d'alimentation*, 110 mA dans notre cas; la plus petite variation de pression décelable était alors 8.10^{-5} mm Hg; *b.* que le domaine de mesure avec proportionnalité s'étend beaucoup quand l'intensité d'alimentation augmente; *c.* que dans une partie étendue de ce domaine la précision est meilleure que 1 %.

2° *Quand on dépasse le domaine de proportionnalité, la sensibilité diminue à partir de la sensibilité initiale, mais elle diminue d'autant moins vite que le courant est plus intense.* Il en résulte que pour I = 450 mA, on peut encore déceler une variation de pression de 25 μHg à partir d'une pression 3500 μHg, et par conséquent mesurer celle-ci avec une erreur de 0,8 % seulement.

3° Un dispositif simple, sur lequel on reviendra, permet facilement de multiplier par 20 la sensibilité initiale. L'appareil est alors sensible à 4.10^{-6} mm Hg.

RADIOÉLECTRICITÉ — *La variation de la hauteur de la couche* F, *cause des modifications de la fréquence des ondes radioélectriques au cours de la propagation.* Note (*) de M. **Karl Rawer**, présentée par M. Camille Gutton.

Les variations de fréquence constatées par MM. Decaux et Crouzard [1] peuvent être expliquées facilement par les variations systématiques de la hauteur effective de la couche ionosphérique F, si l'on tient compte des conditions différentes de propagation ayant lieu pour les différentes ondes décamétriques. La plus grande variation (20.10^{-8}) a été constatée pendant le lever et le coucher du Soleil pour 5 Mc, la fréquence la plus basse des essais. Or des mesures systématiques de l'angle d'arrivée des ondes ont mis en évidence le fait, que cet *angle est diminué, si la fréquence de l'onde est augmentée.* Pour une fréquence donnée, le trajet qui apporte le champ prépondérant comporte d'autant plus de bonds que la fréquence est plus basse. D'après ces mesures [2], exécutées en Europe à l'aide d'émissions américaines, on peut admettre qu'actuellement un

(*) Séance du 27 octobre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 328; **227**, 1948, p. 116.

(2) H. Neyer, *S. P. I. M.* R. 10 (sous presse).

parcours en 5 bonds est prépondérant pour la fréquence de 5 Mc, un parcours en 4 bonds pour les 10 Mc, tandis que la fréquence de 20 Mc va préférer le parcours en 2 bonds, correspondant au minimum de l'angle de départ.

Si la hauteur de réflexion ionosphérique diminue avec le lever du Soleil, il y a un effet Döppler par la diminution correspondante de la longueur du parcours. Cette diminution doit être beaucoup plus faible pour un faible angle de départ β, donc pour une fréquence élevée de l'onde. L'auteur a publié des abaques [3] d'où l'on tire facilement le parcours total et sa variation avec la hauteur.

Pour le lever et le coucher du Soleil, les observations ionosphériques donnent un maximum journalier de la variation de la *hauteur minimum* H de la couche F, qui est à peu près 50 km/heure [4] ou $1,39.10^{-2}$ km/sec $= dH/dt$.

Cette variation est due entièrement à la couche F2 en hiver; en été elle est causée par le développement de la couche F1, existant seulement le jour.

Alors la vitesse intéressante pour l'effet Döppler est donnée par la variation de la longueur du parcours

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dU}{dH}\,\frac{dH}{dt}.$$

Les valeurs de dU/dH peuvent être tirées de l'abaque mentionné [3].

On obtient enfin la variation de la fréquence

$$\frac{df}{f} = -\frac{1}{c}\,\frac{dU}{dt} = -\frac{1}{c}\,\frac{dU}{dH}\,\frac{dH}{dt}$$

(f fréquence, c vitesse de la lumière).

Faisons le calcul pour une distance de 6000^{km} et les différents parcours à l'aide de la couche F (soit $H = 250^{km}$) :

Parcours.	$\frac{dU}{dH}$ [3].	$\frac{dU}{dt}.10^8$.	$-\frac{df}{f}.10^8$.	β [3].
2 × F........	1,1	1,53	5,09	2°,5
3 × F........	1,89	2,62	8,75	9°,2
4 × F........	3,0	4,17	13,9	15°
5 × F........	4,35	6,04	20,1	19°,7

Dans cette variation totale, le calcul montre que c'est l'augmentation du nombre de sauts qui apporte la contribution principale.

Un parcours obtenu par 5 réflexions sur la couche F doit montrer un maximum journalier de l'effet Döppler, qui est de l'ordre de 20.10^{-8}. Ce résultat est en bon accord avec les mesures de Decaux et Crouzard [1]. Avec le lever du Soleil, la longueur du parcours diminue en même temps que la

(3) K. Rawer, *Zeits. Naturforschung*, 2 *a*, 1947, p. 521.

(4) *Voir* les Bulletins O du *Service de Prévision Ionosphérique Marine* (S. P. I. M.).

hauteur. Cette diminution correspond à une augmentation de la fréquence. C'est le contraire au coucher du Soleil et nous voyons ainsi que nous expliquons aussi le signe des variations enregistrées.

SPECTROSCOPIE. — *Mécanisme d'excitation des aurores rouges du type* B. Note (*) de MM. **René Bernard** et **Maurice Peyron**, présentée par M. Jean Cabannes.

Certaines manifestations aurorales (draperies) présentent vers la limite inférieure une bande franchement rouge. Lorsque la draperie se déplace horizontalement le bord avançant des plis verticaux accuse également la même coloration.

Ce renforcement localisé des radiations jaune rouge est attribuable à un ensemble des bandes qui coïncident approximativement avec celles du premier système positif de l'azote identifié depuis longtemps dans le spectre des aurores jaune verte ([1]). Pourtant la répartition des intensités diffère profondément de celle qu'on observe habituellement tant au laboratoire, dans la colonne positive, que dans l'aurore normale.

Cet aspect particulier pourrait résulter de la superposition au système $N^2(1P)$ de l'azote de bandes étrangères (CN); toutefois cette hypothèse, bien qu'elle rende approximativement compte de la répartition énergique dans le spectre auroral ne permet pas, malgré la complication qu'elle introduit (présence de CN), d'expliquer la localisation du phénomène en des points précis et immuables de la décharge lumineuse ([2]).

Nous avons donc repris au laboratoire l'étude de la décharge dans l'air, l'azote et l'oxygène raréfiés, avec l'idée de trouver une solution à ces difficultés.

Sous une pression de un à trois centièmes de millimètre, la décharge s'amorce dans l'air par une luminescence rouge pourpre qui vire au bleu violacé en quelques secondes. Cette luminescence fugace a fait l'objet d'une étude précédente ([3]). Pour faciliter le travail de comparaison elle a été reprise avec le spectrographe très lumineux ($F/1$; $F = 100^{mm}$), utilisé précédemment par l'un de nous pour l'étude de l'aurore polaire.

Les mesures de longueurs d'onde et d'intensité ont été faites sur l'enregistrement microphotométrique des spectrogrammes. Le tableau suivant résume ce travail, il fait apparaître une profonde analogie entre le spectre de la décharge commençante dans l'air et celui des aurores rouges du type B.

(*) Séance du 11 novembre 1948.

([1]) Vegard, *Géofysiske Publikasjoner*, **10**, n° 5, p. 10.

([2]) R. Bernard, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1165.

([3]) R. Bernard et M. Peyron, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1086.

TABLEAU.

Longueurs d'onde en Å.	Interprétation.		Intensité. Décharge.	Intensité. Aurore.
6563	Hα		20	20
6544	N_2 (1 P)	(7-4)	20	20
6468	»	(8-5)	20	20
6394	»	(9-6)	15	20
6360	O I	($^1D_2$-$^3P_1$)	–	20
6300		($^1D_2$-$^3P_2$)		
6184	N_2 (1 P)	(12-9)	5	5
6013	»	(7-3)	10	10
5960	»	(8-4)	10	8
5906	»	(9-5)	7	4
5755	»	(12-8)	5	3
5577	O I	($^1S_0$-$^1S_2$)	–	50
5566	N_2 (1 P)	(16-12) et (7-2)	3	Masqué par O I
5479	»	(18-14) et (9-4)	2	
5371	»	(12-7)	1	2
5238	»	(16-11)	2	2
5200	»	(17-12)	2	2
5145	»	(19-14)	1	1
5099	»	(9-3)	2	Bandes très faibles
5053	»	(11-5)	1	
5030	»	(12-6)	1	
4861	Hβ		3	2

Le spectre des aurores rouges du type B s'explique donc sans hypothèse nouvelle. Les zones rouges sont celles dans lesquelles la décharge électronique s'établit et n'a pas atteint son régime stable.

Cette interprétation est confirmée par les observations suivantes :

1° Si une draperie est immobile dans l'espace, ses plis ne sont jamais bordés de rouge;

2° Si une draperie se déplace horizontalement, seul le bord avançant de chaque pli est rouge, le reste conservant la teinte habituelle jaune vert.

Dans le premier cas la décharge est installée, elle a acquis sa forme stable. Dans le second cas, les électrons pénètrent sur le bord avançant dans des tranches d'air frais et produisent la lueur caractéristique de la décharge commençante. A une certaine distance de ce front la décharge installée depuis quelques secondes reprend son aspect stable.

Exceptionnellement les draperies de basse altitude (70 à 100^{km}) possèdent un bord inférieur rouge intense. Dans le cadre de notre interprétation, il s'agirait simplement d'une manifestation aurorale se produisant dans un fort courant d'air ascendant.

Cette étude sera poursuivie au laboratoire sur un modèle dynamique.

SPECTROSCOPIE. — *Essai d'interprétation des spectres d'absorption infrarouges de sulfates métalliques, simples ou doubles, anhydres ou hydratés.* Note de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mesuré entre 6 et 15^{μ} environ, les spectres de divers sulfates métalliques qui n'étaient pas connus jusqu'alors. La méthode des poudres a permis d'étudier ces substances sans craindre de les modifier, ce qui était particulièrement important dans le cas de composés présentant plusieurs degrés d'hydratation.

I. *Sulfates simples anhydres.* — Quatre sulfates (sodium, potassium, baryum, plomb) présentent une bande forte et une bande faible dont les positions varient respectivement entre 1015 et 1112 cm^{-1}, d'une part, et entre 1512 et 1562 cm^{-1}, d'autre part. L'anhydrite et le gypse (celui-ci malgré ses deux molécules d'eau) fournissent des données analogues.

La bande forte, dont la position rappelle celle du maximum de réflexion bien connu des sulfates, est immédiatement attribuable à la vibration de valence (ν_{234}) triplement dégénérée de l'ion SO_4, que l'on suppose posséder dans ces substances, une symétrie tétraédrale régulière. L'autre bande s'interprète comme une combinaison de deux vibrations du modèle moléculaire SO_4.

II. *Sulfates hydratés avec un nombre variable de molécules d'eau.* — Nous avons réussi à obtenir les spectres de presque tous les sulfates hydratés connus, appartenant aux séries suivantes : SO_4Cu (0 à 5 mol. d'eau), SO_4Gl_2 (0 à 4 mol. d'eau), SO_4Co (0 à 7 mol. d'eau) et SO_4Ni (0 à 7 mol. d'eau).

a. Le nombre et la position des maxima d'absorption se modifient à la fois lorsque l'on parcourt la série des composés depuis le sel anhydre jusqu'à ceux qui contiennent le maximum de molécules d'eau.

b. Avec les sulfates provenant de la déshydratation complète des sels à plusieurs molécules d'eau, contrairement à ce que nous venons de voir, pour les sulfates précédents pris anhydres, le spectre contient toujours plusieurs bandes d'absorption entre 920 et 1150 cm^{-1}.

c. En général, le spectre correspondant à l'un des états d'hydratation les plus élevés, se présente comme moins simple que le spectre du sel anhydre ou des sels moins hydratés.

Pour interpréter ces résultats, nous partirons de l'idée que l'ion SO_4 non déformé présente, dans notre zone d'études, une seule vibration fondamentale et seulement une autre région d'absorption. L'eau ne possédant pas de bandes d'absorption propres dans le domaine que nous examinons ici, si nous trouvons un spectre plus compliqué, nous devons admettre l'existence d'une déformation du groupement SO_4 ou tout au moins, la disparition, pour l'édifice moléculaire formé par le sulfate hydraté, de la symétrie tétraédrale régulière. Dans ces conditions, en effet, d'une part, la vibration de valence triplement dégénérée,

précédemment indiquée, arrive à donner plusieurs bandes d'absorption distinctes, et, d'autre part, la vibration simple correspondant à la pulsation qui restait inactive dans le cas d'une symétrie régulière de SO_4, devient active dans l'absorption.

La déformation de l'ion SO_4, par la présence de molécules d'eau doit être la plus faible dans le cas des composés $SO_4Cu, 5H_2O$; $SO_4Gl, 4H_2O$; $SO_4Ni, 6H_2O$ et $SO_4Co, 6H_2O$, mais le passage au sel anhydre ne produit pas un ion SO_4 possédant une symétrie tétraédrale régulière.

D'autres travaux exécutés à la Sorbonne dans le proche infrarouge, montrent que, pour des sulfates hydratés, l'eau présente des degrés différents de liaison. Il ne semble pas incorrect de supposer que dans nos composés, l'eau se trouve plus ou moins reliée au radical SO_4 par exemple, au moyen de forces de Van der Waals. Nous aurons à considérer, non plus un groupement SO_4, mais un ensemble de ce radical avec x molécules d'eau, qui ne possède naturellement plus la symétrie tétraédrale régulière. Pour expliquer la complexité du spectre, il ne serait même plus utile de considérer la déformation de l'ion SO_4, quoiqu'elle semble vraisemblable, étant indiquée par le spectre du sel anhydre. La présence de vibrateurs nouveaux, tels que les molécules d'eau, amène l'existence de nouvelles vibrations, exactement comme par couplage entre plusieurs molécules, on arrive à interpréter l'accroissement du nombre des vibrations dans les cristaux, relativement aux vibrations distinctes de chaque molécule.

Du point de vue chimique, on pourrait rapporter la multiplication des bandes présentées par les sulfates anhydres de nickel ou de cobalt, à la formation de complexes, mais cette explication ne semble pas valable pour les sulfates de cuivre et de glucinium anhydres qui présentent également un spectre plus compliqué que les sulfates anhydres du paragraphe 1.

III. *Sulfates dits d'uranyle* (*simples ou doubles, anhydres ou hydratés*). — Dans un précédent Mémoire, l'un de nous avait donné, en collaboration avec R. Freymann [1], les spectres d'absorption de 8 sulfates dits d'uranyle. Ils possèdent, dans notre région, plus de deux bandes (abstraction faite d'une région caractérisant la liaison U et O), ce qui indique, à la lumière des considérations précédentes, que la symétrie tétraédrale régulière ne correspond pas à celle de l'ensemble de la molécule. Comme précédemment, il existe dans l'infrarouge des différences spectrales notables entre deux sulfates doubles d'uranium et de potassium (ou d'ammonium), l'un à 2 et l'autre à 5 molécules d'eau, ou encore entre le sulfate double d'uranium et de potassium anhydre ou trihydraté. Par contre, dans le passage du sulfate d'uranium $(SO_4)_3U.2UO_3.9H_2O$ (ancien sulfate d'uranyle) au sel anhydre, les modifications spectrales apparaissent plus faibles.

---

(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 8, 1941, p. 622-625.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur le courant résiduel dans les récepteurs photoélectriques à très haute sensibilité.* Note de M. **Maurice Duchesne**, présentée par M. André Danjon.

Dans les récepteurs photoélectriques à très haute sensibilité, tels que les cellules à multiplicateurs d'électrons ou les télescopes électroniques, la sensibilité est limitée par l'importance du courant résiduel, c'est-à-dire par le courant que débite l'appareil en l'absence de photons incidents.

Comme l'a montré Rajchman ([1]) dans une étude sur l'importance du courant résiduel dans les cellules à multiplicateurs d'électrons, ce courant est dû principalement à l'émission thermique de la photocathode. J'ai entrepris une étude semblable dans le cas du télescope électronique et j'ai étudié, en particulier, la variation de l'émission parasite en fonction de la température. Cette étude a été faite en mesurant dans l'obscurité la brillance de l'écran fluorescent; cette méthode photométrique est préférable à toute méthode électrique, car, obtenant sur l'écran fluorescent l'image de la cathode, on peut étudier l'émission parasite de très petites portions de celle-ci, sans qu'il y ait aucune ambiguïté possible sur l'origine des électrons émis. En utilisant, par contre, une méthode électrique, le courant mesuré est une quantité complexe : à l'émission parasite proprement dite de la photocathode se joignent les courants de fuite à la surface du verre, ainsi qu'une émission d'électrons secondaires, inégalement répartie à la surface de l'écran et due aux chocs de certains électrons primaires sur les diaphragmes constituant le système focalisateur.

J'ai pu montrer que pour les basses températures l'émission parasite de la photocathode n'obéit pas à la loi de Richardson, résultat qui confirme ceux obtenus antérieurement par Rajchman (*loc. cit.*) et par P. Görlich ([2]). La courbe obtenue en portant I/T en abscisses et $\log_{10} B/T^2$ (B, brillance mesurée et T, température absolue) présente une courbure positive. Rajchman, pour expliquer la présence de cette courbure positive suppose que : « il existe, en dehors de l'émission thermique, une autre émission constante provenant de la cathode, émission qui ne dépend pas de la température ». J'ai calculé les brillances théoriques qui, pour les basses températures, satisferaient à la loi de Richardson; on constate ainsi que l'émission parasite indépendante de la température devrait produire sur l'écran fluorescent une brillance de l'ordre de 1.10^{-4} nits; une telle brillance est parfaitement appréciable à l'œil; or j'ai constaté qu'en refroidissant la photocathode à une température de — 120° C., l'écran fluorescent n'est plus le siège que d'une émission lumineuse très faible,

---

([1]) *Thèse*, Zurich, 1938.
([2]) *Zeits. für Physik*, 116, 1940, p. 704.

que l'œil, malgré un séjour prolongé dans l'obscurité, distingue difficilement. On en déduit donc qu'une faible émission parasite, indépendante de la température, ne permet en aucune manière d'expliquer les écarts observés à la loi de Richardson.

On peut chercher à expliquer cette courbure positive en admettant une diminution du travail d'extraction de la couche lorsque la température diminue. J'ai donc décidé de déterminer ce travail d'extraction, pour différentes températures, en mesurant la longueur d'onde limite de l'effet photoélectrique. L'expérience a été réalisée de la manière suivante : à l'aide d'une lentille, on forme sur la photocathode, l'image de la fente de sortie d'un monochromateur double ; en faisant défiler devant la fente de sortie le spectre donné par une lampe à filament de tungstène, on peut déterminer la longueur d'onde qui correspond, sur l'écran fluorescent, à la disparition de la fente. Cette méthode, lorsque le télescope est vigoureusement refroidi, permet une détermination précise de la longueur d'onde limite, puisque, dans ce cas, l'émission résiduelle étant supprimée, l'image de la fente se détache sur un fond noir. J'ai pris toutes les précautions utiles pour éliminer la lumière diffuse, et j'ai placé entre la fente de sortie et le télescope un filtre Schott UG7, de manière à éliminer les radiations pour lesquelles la couche photoélectrique est le plus sensible.

Par cette méthode j'ai trouvé un travail d'extraction de 0,83 V, indépendant de la température, alors que les mesures thermiques fournissent la valeur 0,94 V. Or on sait, d'après le principe de Franck-Condon, que le travail d'extraction photoélectrique doit être légèrement supérieur au travail d'extraction thermique. J'explique cette contradiction en admettant que la couche photoélectrique est formée d'éléments microscopiques possédant un travail d'extraction différent ; la plupart aurait un travail de sortie voisin d'une certaine valeur φ_p, un petit nombre d'autres pouvant en posséder un plus petit ; ces éléments, d'autre part, seraient répartis uniformément, car l'examen de l'écran fluorescent montre qu'il est impossible, avec le télescope électronique utilisé, de mettre en évidence sur la couche photoélectrique des zones possédant un travail de sortie différent. En supposant que ces éléments photoémissifs sont répartis suivant une fonction de distribution quelconque $F(\varphi)$, j'ai pu démontrer que la courbe de Richardson présente alors nécessairement une courbure positive. Les calculs, cependant, effectués à partir de fonctions de distribution arbitraires très différentes, montrent que pour le petit intervalle de températures exploré la courbe de Richardson est dans tous les cas pratiquement rectiligne et que, par conséquent, l'hypothèse d'une hétérogénéité de la couche ne permet pas de rendre compte, à elle seule, de la courbure accentuée observée aux basses températures.

J'ai pu établir d'autre part, avec ces mêmes couches, que la sensibilité photoélectrique, exprimée en microampères-lumen, pour un rayonnement émanant d'une lampe à filament de tungstène, à la température de couleur

de 2400° K., subit une augmentation de 15 à 20 % pour $\lambda = 8000$ Å, lorsque la température de la couche passe de 20° C. à — 120° C. Cette augmentation de sensibilité photoélectrique peut être rapprochée de l'augmentation anormale du courant thermique, par rapport à la loi de Richardson, lorsqu'on refroidit la couche. Ces résultats expérimentaux peuvent être expliqués en admettant que l'abaissement de température produit une diminution du travail d'extraction de la plupart des centres sans modifier beaucoup celui des éléments pour lesquels il est déjà très faible. Ces mesures montrent également tout l'intérêt qu'il y a à utiliser les télescopes électroniques et les cellules à multiplicateurs d'électrons en refroidissant vigoureusement la cathode, puisqu'on diminue ainsi le courant résiduel perturbateur et que l'on augmente la sensibilité photoélectrique de la couche.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La densité d'énergie du liquide nucléaire, approximation du premier ordre.* Note (*) de M. **King Sing Nan**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. D'après la théorie de N. Bohr, on peut considérer les noyaux lourds comme composés d'une sorte de liquide, qui est constitué d'un grand nombre de protons et de neutrons, entre lesquels s'exercent les forces nucléaires. Les interactions coulombiennes, qui s'exercent entre les protons, sont assez faibles devant les forces nucléaires, si bien qu'on peut les négliger en première approximation.

Considérons un volume très grand V de notre liquide, contenant Z protons et N neutrons, de manière que les densités $z = Z/V$ et $n = N/V$ soient justement celles du noyau étudié. L'interaction entre la particule i et la particule j est de la forme

$$W_{ij} = (W + BP_\sigma + HP_\tau + MP_\sigma P_\tau)\, I(\vec{r}_i - \vec{r}_j),$$

où W, B, H et M sont les coefficients qui mesurent les barrières potentielles du type de Wigner, de Bartlett, d'Heisenberg et de Majorana respectivement; et P_σ et P_τ sont les opérateurs d'échange de spins et de charges entre la particule i et la particule j respectivement. Nous prenons pour l'interaction $I(\vec{r}_i - \vec{r}_j)$ l'expression suivante [1]

$$I(\vec{r}_i - \vec{r}_j) = -\frac{\exp(-K|\vec{r}_i - \vec{r}_j|)}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|},$$

qui est conforme aux théories actuelles [2].

(*) Séance du 22 novembre 1948.

(1) Heisenberg (*Rapport du Conseil de Physique Solvay*, Paris, 1934, p. 300) tient compte seulement de l'action d'échange de Majorana; Euler (*Z. f. Phys.*, 105, 1937, p. 553) se limite à $N = Z$. Les énergies potentielles utilisées par ces auteurs sont différentes de celle considérée ici.

(2) Rosenfeld, *Nuclear Forces*, 1, 1948, p. 160, Amsterdam.

2. En estimant l'énergie de ce liquide, nous appliquons la méthode de perturbation en portant le calcul au deuxième ordre. (Ici je donne seulement les résultats du premier ordre).

Soit

$$\mathcal{H} = \sum_{i=1}^{N+Z} H_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N+Z} \sum_{j=1\,(i \neq j)}^{N+Z} W_{ij}$$

l'opérateur d'énergie où H_i est l'hamiltonien de la particule i, et soit

$$\Psi(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1, \ldots, \vec{r}_{N+Z}, \sigma_{N+Z}, \tau_{N+Z}) = \frac{1}{\sqrt{(N+Z)!}} \begin{vmatrix} \psi_1(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) & \ldots & \psi_{N+Z}(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ \psi_1(\vec{r}_{N+Z}, \sigma_{N+Z}, \tau_{N+Z}) & \ldots & \psi_{N+Z}(\vec{r}_{N+Z}, \sigma_{N+Z}, \tau_{N+Z}) \end{vmatrix}$$

la fonction d'onde non perturbée. Dans cette fonction,

$$\psi_p(\vec{r}_k, \sigma_k, \tau_k) = \varphi_p(\vec{r}_k)\, \alpha_p(\sigma_k)\, \beta(\tau_k),$$

$\alpha_p(\sigma_k)$ prenant la valeur $\alpha_p(1/2)$ ou la valeur $\alpha_p[-(1/2)]$ et $\beta_p(\tau_k)$ prenant la valeur $\beta_p(1)$ ou la valeur $\beta_p(0)$, selon que la particule k est un proton ou un neutron.

$$\varphi_p(\vec{r}_k) = \frac{1}{\sqrt{V}} \exp\left(\frac{i}{\hbar} \vec{P}_p \vec{r}_k\right)$$

est une fonction d'onde plane.

La densité d'énergie cinétique du système est

$$T(n, z) = \frac{3^{\frac{5}{3}} \pi^{\frac{4}{3}}}{10} \frac{\hbar^2}{m} \left(n^{\frac{5}{3}} + z^{\frac{5}{3}}\right),$$

et nous avons trouvé que la densité d'énergie potentielle du premier ordre se formule

$$\begin{aligned} E_1(n, z) = \frac{1}{V} \sum^{\sigma,\tau} \sum^{p,q} \Big\{ & \int \psi_p^*(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) \psi_q^*(\vec{r}_2, \sigma_2, \tau_2) W_{12} \psi_p(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) \psi_q(\vec{r}_2, \sigma_2, \tau_2)\, d\vec{r}_1\, d\vec{r}_2 \\ & - \int \psi_q^*(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) \psi_p^*(\vec{r}_2, \sigma_2, \tau_2) W_{12} \psi_p(\vec{r}_1, \sigma_1, \tau_1) \psi_q(\vec{r}_2, \sigma_2, \tau_2)\, d\vec{r}_1\, d\vec{r}_2 \Big\} \\ = & -\frac{\pi}{K^2} \{ c_1^{nn} n^2 + c_1^{nz} nz + c_1^{zz} z^2 \} \\ & + \frac{1}{2^6\, 3\, \pi^3} \{ c_2^{nn} g(n, n) + c_2^{nz} g(n, z) + c_2^{zz} g(z, z) \}, \end{aligned}$$

où $g(u^3/3\pi^2, v^3/3\pi^2)$ est l'expression suivante

$$\begin{aligned} g\left(\frac{u^3}{3\pi^2}, \frac{v^3}{3\pi^2}\right) = & \; 12\, uv(u^2 + v^2) - 4K^2 uv - 4K^2[6(u^2 + v^2) + K^2] \log \frac{K^2 + (u+v)^2}{K^2 + (u-v)^2} \\ & - 3(u - v)^2 \left[(u+v)^2 \log\left(K^2 + (u+v)^2\right) - (u-v)^2 \log\left(K^2 + (u-v)^2\right)\right] \\ & - 16K \left[(u^3 + v^3) \operatorname{arc\,tg} \frac{u+v}{K} + (u^3 - v^3) \operatorname{arc\,tg} \frac{u-v}{K}\right]. \end{aligned}$$

Les constantes c_1^{nn}, c_1^{nz}, ..., c_2^{zz} sont données dans la Table où S et P désignent l'état antisymétrique et l'état symétrique en τ respectivement, et les indices 1 et 3 désignent l'état antisymétrique et l'état symétrique en σ respectivement.

c_1^{nn}	4W + 2B + 4H + 2M	$^3S + {}^1S$
c_1^{nz}	8W + 4B	$^3S + {}^1S + {}^3P + {}^1P$
c_1^{zz}	4W + 2B + 4H + 2M	$^3S + {}^1S$
c_2^{nn}	2W + 4B + 2H + 4M	$^3S - {}^1S$
c_2^{nz}	4H + 8M	$^3S - {}^1S - {}^3P + {}^1P$
c_2^{zz}	2W + 4B + 2H + 4M	$^3S - {}^1S$

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la formation par fission de l'uranium des isomères* $^{127}_{52}$Te *de périodes* 90ʲ *et* 9ʰ,3 *à partir du* $^{127}_{51}$Sb 93ʰ. Note (*) de Mlle **Jacqueline Beydon**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'existence des deux isomères $^{127}_{52}$Te 90ʲ et $^{127}_{52}$Te 9ʰ,3 et la filiation $^{127}_{52}\mathrm{Te} \xrightarrow[90j]{\gamma} {}^{127}_{52}\mathrm{Te} \xrightarrow[9h,3]{\beta} {}^{127}_{53}\mathrm{I}$ stable avaient été mises en évidence en irradiant le tellure (¹), (²) ou l'iode (²) avec des deutons ou des neutrons. On sait en outre qu'ils se trouvent dans les produits de fission de l'uranium, et que le $^{127}_{52}$Te 9ʰ,3 s'y forme par désintégration β de $^{127}_{51}$Sb 93ʰ (³) d'une part, et à partir du $^{127}_{52}$Te 90ʲ (⁴) d'autre part.

Nous avons pu montrer par les expériences décrites ci-dessous que les deux isomères $^{127}_{52}$Te se forment à partir de $^{127}_{51}$Sb suivant le processus

$$^{127}_{51}\mathrm{Sb}\ 93^{h} \begin{cases} \xrightarrow{\beta}\ {}^{127}_{52}\mathrm{Te}\ 90^{j} \\ \qquad\qquad \downarrow \gamma \\ \xrightarrow{\beta}\ {}^{127}_{52}\mathrm{Te}\ 9^{h}3 \end{cases}$$

Nous donnons le rapport d'embranchement.

Après irradiation d'uranate d'ammonium au cyclotron par les neutrons lents, durant le temps nécessaire pour atteindre la saturation en Sb 93ʰ, l'antimoine a été séparé à l'état de SbH_3 par action de H_2 naissant (SO_4H_2 + Zn), en présence de 2ᵐᵍ de $SbCl_3$ comme entraîneur. (Le rendement de la réaction est meilleur avec de faibles quantités d'antimoine.) SbH_3 était recueilli dans une solution de NO_3Ag, où il précipite, puis transformé à l'état de chlorure. On a ajouté alors 200ᵐᵍ de $SbCl_3$ et étendu la solution pour être en milieu HCl 3N.

Sur cette solution on a fait 7 extractions successives de Te en le précipitant par le chlorhydrate d'hydrazine. On ajoutait avant chaque précipitation du tellurate de sodium en quantité correspondant à 50ᵐᵍ Te. En prenant pour

(*) Séance du 15 novembre 1948.

(¹) Tape et Cork, *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 676.

(²) Seaborg, Livingwood et Kennedy, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 794; 57, 1940, p. 363.

(³) Abelson, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 876; 56, 1939, p. 1.

(⁴) Table des produits de fission (*J. Am. Chem. Soc.*, 68, 11, 1946, p. 2411).

origine du temps l'instant de la première extraction, les autres ont été faites aux temps $16^h,7$; $38^h,8$; $47^h,8$; $216^h,1$; $472^h,5$; $1146^h,4$. Les précipités ont été mesurés au compteur dans des conditions identiques. Leurs courbes de décroissance présentent les périodes de $9^h,3$ et 90^j dont les quantités respectives peuvent être obtenues par analyse de chaque courbe. (Les deux premiers précipités contiennent, en outre, le ${}^{129}_{52}Te$ formé à partir de ${}^{129}_{51}Sb$ $4^h,2$; on n'en a pas tenu compte.)

Nous appellerons :

$N_{1,0}$ le nombre d'atomes de ${}^{127}_{51}Sb$ 93^h présents au temps de référence O ;

λ_1, λ_2, λ_3 les constantes radioactives de Sb 93^h, Te 90^j et Te $9^h,3$;

k_2 et k_3 des coefficients dus à l'absorption des rayonnements des Te 90^j et $9^h,3$ dans la matière ;

p et p' les proportions de Sb 93^h se transformant respectivement en Te $9^h,3$ et Te 90^j ;

$\theta_n = t_n - t$.

Considérons un tellure extrait au temps t_n. L'activité i_n du Te 90^j en équilibre avec son dérivé Te $9^h,3$, obtenue par extrapolation à l'instant d'extraction de l'activité du 90^j, est

$$i_n = p' N_{1,0} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_1 t_{n-1}} (e^{-\lambda_1 \theta_n} - e^{-\lambda_2 \theta_n}) \left(k_2 + k_3 \frac{\lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_2} \right),$$

l'énergie du rayonnement du Te 90^j étant très faible devant celle du Te $9^h,3$, on peut pratiquement prendre $k_2 = 0$.

L'activité I_n du Te $9^h,3$, obtenue en retranchant de la courbe totale l'activité due à la période longue, est à l'instant d'extraction

$$I_n = N_{1,0} k_3 \frac{\lambda_1 \lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_1} e^{-\lambda_1 t_{n-1}} (e^{-\lambda_1 \theta_n} - e^{-\lambda_3 \theta_n}) \left(p - p' \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2} \right).$$

D'où

$$\frac{p}{p'} = \frac{I_n}{i_n} \frac{\lambda_2 (\lambda_3 - \lambda_1)}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_2)} \frac{e^{-\lambda_1 \theta_n} - e^{-\lambda_2 \theta_n}}{e^{-\lambda_1 \theta_n} - e^{-\lambda_3 \theta_n}} + \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}.$$

En posant $p + p' = 1$, on a calculé p et p'.

Les résultats se trouvent résumés dans le tableau suivant :

t_{n-1} (en h).	θ_n (en h).	i_n (en imp/min).	I_n (en imp/min).	$\frac{p}{p'}$.	$p' N_{1,0}$.	$\left(p - p' \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}\right) N_{1,0}$.	p' %.	p %.
16,7	22,1	43,4	25.120	5,21	$101,1.10^4$	524.10^4	16,1	83,9
38,8	9	15,5	13.800	5,28	$99,3.10^4$	$523,2.10^4$	15,9	84,1
47,8	168,3	157	8.845	5,3	$100,8,10^4$	$530,1.10^4$	15,9	84,1
216,1	256,5	51,5	1.321	5,25	$99,5.10^4$	$523,1.10^4$	16	84
472,6	673,8	~ 9	$\sim 7,5$	$\sim 4,1$	$\sim 113.10^4$	$\sim 465.10^4$	~ 20	~ 80

(Le terme $p' \lambda_2/(\lambda_3 - \lambda_2)$, correspondant au Te $9^h,3$ venant de Te 90^j, peut être négligé devant p.)

Les valeurs obtenues pour $pN_{1,0}$ et $p'N_{1,0}$ sont constantes, on vérifie ainsi que ${}^{127}_{52}Te\,9^h,3$ et ${}^{127}_{52}Te\,90^j$ ont pour parent ${}^{127}_{52}Sb\,93^h$; le rapport d'embranchement Te $9^h,3$/Te 90^j est de 5,2

En prenant le rendement de fission du ${}^{127}_{52}Te\,90^j$ égal à 0,033 (4), celui du ${}^{127}_{52}Te\,9^h,3$ serait donc 0,17 et celui de ${}^{127}_{51}Sb\,93^h$ 0,2. Ce qui est en accord avec la valeur que l'on peut déduire de la courbe des rendements des éléments de fission en fonction de leur masse ([4]).

Signalons que la période longue obtenue pour tous les tellures extraits semble être un peu supérieure à 90^j; nous en poursuivons la détermination. Le calcul du rapport d'embranchement fait avec la période de 90^j se trouverait alors légèrement modifié.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles en faveur de l'âge crétacé du calcaire dit* pisolithique *de Vigny* (*Seine-et-Oise*). Note (*) de Mlle **Henriette Alimen** et MM. **Albert-François de Lapparent** et **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Le calcaire dit *pisolithique* de Vigny a été considéré tantôt comme contemporain de la Craie supérieure, tantôt comme déposé sur la craie après une émersion, soit au Danien, soit au début du Tertiaire. La question ne semble pas pouvoir être résolue par les données paléontologiques en leur état présent; certains auteurs (Schoeller, 1925; Chavan, 1948), en effet, ont été frappés par le cachet crétacé des Mollusques, Oursins ou Foraminifères; d'autres (Marie, 1937 et 1947; Chavan, 1946) soulignent davantage leurs affinités éocènes. L'étude des Lithothamniées, si caractéristiques de ce gisement, ne semble pas apporter d'argument dans un sens ou dans l'autre (Mme Lemoine, 1923 et 1926). Quant aux Polypiers, M. Alloiteau ([1]) n'a reconnu, parmi les types recueillis, que des formes crétacées de Maestricht ou de la Craie de Royan. A la limite du Crétacé et du Tertiaire et dans des faciès récifaux, on ne s'étonnera pas de rencontrer une faune de passage non caractéristique d'un âge précis.

Du point de vue climatique, l'hypothèse a été émise (Abrard, 1929) qu'un récif n'aurait pu se développer dans la mer, trop froide, de la Craie. Cette opinion semble perdre de son poids si l'on considère les faciès contemporains de mer chaude du Cotentin et de Maestricht, et l'existence de Bélemnitelles dans la Craie des Charentes (Abrard, 1944).

Le problème doit donc être reconsidéré par la méthode stratigraphique. Voici nos observations nouvelles :

I. Il est de fait (Abrard, 1929) qu'à sa partie *inférieure* le calcaire de Vigny

---

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) Renseignement oral.

repose sur la craie corodée et durcie, avec un cordon de silex, d'ailleurs non roulés. Ce contact nous paraît devoir être interprété, non pas nécessairement comme l'indice d'une émersion, mais plutôt comme résultant d'une lacune sous-marine, comparable à celle de Meudon (Ellemberger, 1947). Il présente aussi beaucoup d'analogie avec les arrêts de sédimentation connus en bien des points dans la craie du Bassin de Paris (Cayeux, 1897; Leriche, 1933).

2° L'avancement du front de taille a permis d'observer en place, intercalées dans le *pisolithique*, d'importantes masses calcaires de faciès variés, avec fossiles caractéristiques de la Craie (*Belemnitella mucronata*, *Pycnodonta vesicularis*, *Magas pumilus*, *Ananchites ovatus*). Les plans de stratification, bien horizontaux, excluent l'hypothèse de blocs crayeux éboulés. Il s'agit, du reste, tantôt de vraie craie blanche, tantôt de calcaires crayeux ou même de calcaires massifs durs, tout à fait différents de la Craie, bien qu'on y trouve encore les mêmes fossiles (*Belemnitella mucronata*, et des nids d'*Ananchites* en place).

3° Le passage *supérieur* du *pisolithique* à la craie est bien visible dans la partie occidentale de la grande carrière. Le *pisolithique* à Algues roulées y passe progressivement, vers le haut, et par l'intermédiaire d'un calcaire crayeux à Lamellibranches (*Lima carolina*, etc.) et petits Polypiers, à la Craie blanche typique à silex et à *Magas pumilus*. Le *pisolithique* s'enfonce horizontalement sous cette craie, incontestablement en place; le contact est visible sur 80^{m} du Nord-Ouest au Sud-Est, et 15^{m} du Sud-Ouest au Nord-Est.

4° Des silex, semblables à ceux de la Craie, non roulés, existent dans des bancs solidement cimentés du *pisolithique*. Or ce sont des silex formés *in situ* : leur structure est extrêmement hétérogène bien que très massive, et l'on trouve dans leur masse des thalles de Lithothamniées, reconnaissables malgré leur recristallisation.

5. On englobe sous le nom de *pisolithique* des faciès en réalité fort variés, et qui se groupent autour de deux types : d'une part, de véritables calcaires récifaux, engendrés par des Polypiers se développant sur place; d'autre part, une roche détritique calcaire, comparable au *maërl*, et constituée de Lithothamniées roulées, avec des radioles et scrobicules d'Echinides; la stratification souvent entrecroisée témoigne d'une agitation violente; des galets de craie y sont enrobés. Le maërl s'insinue dans les anfractuosités du récif, qu'il recouvre, mais il repose aussi sur ou contre la craie ravinée, dont parfois un mince placage d'argile le sépare; il pénètre la craie en constituant des poches, qui prennent localement l'aspect de cheminées verticales pouvant atteindre un à deux mètres. La plupart de ces curieuses dispositions peuvent s'interpréter par comparaison avec des structures actuelles observables sur des côtes crayeuses (Etretat) ou décrites par les auteurs dans des récifs vivants.

6. Dans la partie nord de la grande carrière, une falaise crayeuse, perforée de Vers et de Pholades, et à laquelle s'accole le *pisolithique*, a déjà été signalée par l'un de nous (H. A., 1930). Elle est suivie par un système de surfaces

listriques, striées verticalement, localisées dans la craie, et qui font supposer l'existence très proche d'une faille; celle-ci, n'intéressant pas le *pisolithique* voisin, lui serait de quelque peu antérieure; elle expliquerait bien la genèse de la falaise.

Conclusion. — Les calcaires de Vigny, à Polypiers et à Lithothamniées, sont donc, pour nous, interstratifiés dans la craie blanche à Belemnitelles et à *Magas*, qui représente ici le Sénonien supérieur (Campanien-Maestrichtien).

Si l'anticlinal de Vigny, comme on peut le supposer par analogie avec d'autres rides du Bassin de Paris (Hébert, Gosselet, Cayeux), était déjà amorcé dès ce moment, il est naturel de penser qu'il a pu servir de soubassement à un récif, tandis que la craie se déposait tout autour de lui.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la formation des trains de microséismes.* Note de M. **Jean Coulomb**, présentée par M. Charles Maurain.

Pour expliquer comment les microséismes forment des trains de période assez bien définie, Press et Ewing étudient (1) la propagation horizontale d'ondes élastiques dans l'Océan et dans le milieu qui lui sert de fond. La courbe de dispersion de ces ondes, telle qu'ils la traçent, comporte deux branches; sur l'une la vitesse de groupe présente un minimum, sur l'autre un minimum et un maximum. Les périodes correspondantes tendent à prédominer, mais Press et Ewing hésitent à choisir entre les trois solutions. En fait, seul le maximum, qui correspond à une vitesse de propogation supérieure à la vitesse du son dans l'Océan, semble compatible avec les observations, sans que la raison en apparaisse immédiatement. La question de savoir si les trains de microséismes sont produits à l'origine ou créés par la propagation est ainsi liée à la solution de cette difficulté.

La seconde branche de la courbe de dispersion se termine à une période de coupure au-dessus de laquelle il n'existe plus d'ondes sinusoïdales. Press et Ewing ont arrêté le calcul de la vitesse des groupes peu après le maximum. Or on peut montrer qu'en approchant de la coupure cette vitesse croît jusqu'à rejoindre la vitesse de phase. Ainsi la courbe de dispersion présente un nouveau minimum très voisin du maximum. Ceci a lieu pour les valeurs des constantes choisies par Press et Ewing, savoir un rapport des densités égal à 5,5, un coefficient de Poisson du fond égal à $1/4$, et une vitesse β des ondes transversales dans le fond double de la vitesse V du son dans l'eau. Pour des constantes peu différentes (par exemple pour un rapport β/V égal à $\sqrt{3}$, avec les valeurs de Press et Ewing pour les autres données) le maximum et le nouveau minimum se confondent sensiblement en formant un palier.

(1) *Transactions American Geophysical Union*, 29, n° 2, 1948, p. 163-174.

Les hypothèses raisonnables sont donc voisines du cas où la courbe de la vitesse de groupe présente une inflexion horizontale. Or les périodes correspondantes prédominent bien plus rapidement que celles qui correspondraient à un maximum simple. (Dans une propagation rectiligne, l'amplitude des groupes provenant d'une inflexion décroîtrait comme la puissance — 1/4 de la distance, contre — 1/3 pour un maximum ou minimum et — 1/2 pour un point ordinaire.) La prépondérance des ondes voisines du maximum est ainsi expliquée.

La théorie de Press et Ewing fournit ainsi une explication satisfaisante de la formation des trains, compatible d'ailleurs avec ce qu'on croit savoir du phénomène d'origine.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Élaboration d'antibiotiques par des moisissures végétant sur un milieu pauvre substitué au milieu nutritif.* Note de M. GONTRAN GILLISSEN, présentée par M. Maurice Javillier.

Abraham, Chain et Flechtner (¹) ont trouvé qu'en remplaçant le milieu nutritif d'une culture mûre de *Penicillium notatum* par un milieu neuf stérile, il se produit une nouvelle élaboration de pénicilline, à peu près deux fois plus rapide qu'avant cette substitution. On sait, d'autre part, que si l'on remplace le milieu nutritif d'une culture fongique (*Aspergillus niger*, par exemple) par de l'eau distillée, celle-ci se charge des enzymes produits par le mycélium (Bourquelot) (²). On sait aussi qu'un mycélium carencé en un biocatalyseur essentiel (zinc) laisse diffuser très précocement ses enzymes (Javillier (³). J'ai recherché, en m'inspirant de ces notions, si, en substituant de l'eau aux milieux de culture d'*Aspergillus* ou de *Penicillium*, on retrouverait dans cette eau les antibiotiques d'origine fongique.

On cultive *Aspergillus oryzæ* (⁴) en boîtes de Roux, contenant chacune 250$^{cm^3}$ de bouillon peptoné, à la température de 30°. L'activité maximum de la souche utilisée était de 0,5 U.O. Elle était due presque uniquement à l'acide kojique (⁵). Dès l'apparition de l'activité, on récolte chaque jour quelques fioles dont on remplace stérilement le milieu nutritif par de l'eau distillée (200$^{cm^3}$ pour tenir compte de l'eau perdue par évaporation ou absorbée par le mycélium). L'activité était en même temps dosée sur le Staphylocoque doré. Dans plusieurs fioles, l'eau distillée est successivement remplacée chaque jour; dans les autres, elle reste en contact avec le mycélium pendant toute la période de l'incubation

---

(¹) LANCET, 16 août 1941.
(²) *Les ferments solubles de l'*Asp. niger, Paris, 1893.
(³) *Bull. Soc. Chim. France*, 13, 1913, p. 91.
(⁴) *Centraalbureau voor Schimmelculture* (Bearn, Hollande).
(⁵) DE LUNA, 8ᵉ *Congrès de Chim. biol.*, 1948.

(température 30°). Dans les deux cas, l'activité a été dosée tous les jours. On trouvera dans le tableau suivant les résultats des expériences; les chiffres indiqués sont des moyennes pour plusieurs séries d'expériences.

Nombre de jours après lequel est faite la récolte.	Activité du milieu nutritif (U.O.).	Remplacement du milieu nutritif par de l'eau toutes les 24 heures (U. O.).					Dosages dans l'eau à différents moments après le remplacement.				
		1 r.	2 r.	3 r.	4 r.	5 r.	24 h.	48 h.	72 h.	96 h.	120 h.
7...	0,2	0,5	0,04	0,04	0	0	0,5	1,0	–	0,1	0
8...	0,5	0,2	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0	0	–
9...	0,5	0,2	0,04	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0

Ainsi, lorsque le remplacement est fait avant le maximum de la sécrétion d'antibiotique, on trouve dans l'eau, 24 heures après, la même activité que si la culture normale avait été continuée. Si le remplacement est fait plus tard, on ne trouve qu'une fraction de l'activité dans l'eau.

Il s'agit certainement d'une surproduction d'antibiotique et non d'une extraction d'une activité restant dans le mycélium. En effet, en broyant les mycelia (congelés ou non) d'*Aspergillus oryzæ*, et en faisant l'extraction de ces mycelia par 100$^{cm^3}$ d'eau (pH 7,2) pendant 1 heure, on n'obtient jamais plus de 0,04 U. O. par centimètre cube, quantité nettement inférieure à celle se trouvant dans la totalité de l'eau de remplacement.

Si des essais analogues sont faits avec plusieurs souches de *Penicillium* [*P. chrysogenum* 352/17 et 2000, *P. notatum* 832 et un *Penicillium* isolé par nous-même (6)] et avec des milieux différents (bouillon peptoné, Czapek et Czapek-Dox modifié), les résultats sont semblables.

On peut même constater que six heures déjà après le remplacement, la concentration d'antibiotique dans l'eau est le plus souvent au maximum. Quelquefois cependant, l'eau ne titre que le tiers de l'activité du milieu nutritif des cultures. Ainsi la mise en état de carence d'une moisissure déjà développée provoque une rapide sécrétion d'antibiotique. Les remplacements peuvent se faire 4 à 5 fois dans un temps variant entre 4 et 5 jours; au delà de ce temps il est rare de trouver une activité dans l'eau de remplacement (7).

Résumé. — La substitution d'eau distillée au milieu de culture de moisissures

(6) Gillissen, 8e *Congrès de Chim. biol.*, 1948.

(7) Manquant personnellement de souches suffisamment actives et de l'appareillage nécessaire pour les cultures submergées aérées, j'ai fait faire quelques essais suivant le même principe. Le milieu de culture d'un *Penicillium* titrant 100 U. O. a été remplacé par la même quantité d'eau distillée au moment du maximum de production de la pénicilline. Au bout de 18 à 24 heures l'eau titrait 50 U. O. En culture submergée aérée, on n'en obtient que 40 %.

des genres *Aspergillus* ou *Penicillium* provoque une diffusion rapide d'une quantité importante d'antibiotique. On peut faire plusieurs substitutions successives. Les résultats sont semblables avec les différents milieux utilisés.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de l'anesthésie et du gel sur le changement de teinte de certaines fleurs.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons observé que les vapeurs des anesthésiques, tel que le chloroforme et l'éther, peuvent provoquer un changement de teinte dans un certain nombre de fleurs qui contiennent des pigments anthocyaniques. Plaçons sous une cloche des fleurs rouges de *Dianthus Caryophyllus*. Plaçons également sous la cloche un petit godet contenant du chloroforme. Au bout d'un temps court, les fleurs rouges placées sous la cloche prennent une coloration violette. L'expérience peut être faite sur des fleurs rouges de diverses plantes telles que l'*Antirrhinum majus, Papaver Rhoeas, Hippeastrum aulicum, Petunia intermedia, Mathiola incana*. Dans ces cas on voit que sous l'influence des vapeurs de chloroforme la coloration rouge devient violette. On obtient des résultats analogues avec l'éther. Un tel changement de teinte s'observe aussi pendant la dessiccation de ces fleurs, ou sous l'influence du gel. Une fleur rouge de *Dianthus Caryophyllus* ou de *Papaver Rhoeas* que l'on soumet dans un tube au refroidissement produit par le chlorure de méthyle, ou sur laquelle on pulvérise ce dernier, prend la même coloration que sous l'influence des anesthésiques. Pour interpréter ces phénomènes, nous admettons que, sous l'influence exercée par certaines vapeurs sur les fleurs, le suc acide vacuolaire passe à l'extérieur de la paroi périvacuolaire, qui, lorsque le protoplasme est mort, devient cassante, et arrive au contact de la matière protoplasmique. Celle-ci présente une réaction alcaline, d'où le changement de teinte de certaines fleurs rouges qui contiennent des pigments anthocyaniques. Ces pigments, dans le suc cellulaire acide, sont colorés en rouge, mais, quand ils arrivent au contact de la matière protoplasmique, ils prennent une coloration violette.

CHIMIE AGRICOLE. — *Fixation de l'ion phosphorique sur le calcaire.* Note (*) de MM. **Marcel Coppenet** et **Pierre Boischot**, présentée par M. Albert Demolon.

Le but de cette Note est de préciser comment l'ion phosphorique se fixe sur les grains calcaires de la terre arable.

Des expériences préliminaires nous ont montré que les solutions de 0 à $3^{mg},5$ de P_2O_5 par litre ne précipitaient pas en présence d'ions calciques lorsque le pH du milieu est inférieur à 8,5.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

Technique des expériences. — La quantité voulue de calcaire est mise dans un bécher permettant la mesure du pH à l'électrode de verre; on verse 50^{cm^3} d'une solution de phosphate monocalcique, on agite, on centrifuge après un temps variable et l'on dose par cœruléomolybdimétrie le P_2O_5 restant dans le liquide centrifugé.

Nous avons opéré dans les limites qui sont celles que l'on rencontre dans le sol, à savoir pH compris entre 4 et 8,5, le titre de la solution ne dépassant pas 3^{mg} P_2O_5 par litre.

Des expériences effectuées pour noter l'influence du temps de contact, de la quantité de CO_3Ca mis en expérience et de la finesse des grains, ont établi les faits suivants :

1° La fixation de P_2O_5 sur le calcaire est importante pendant les premières minutes de contact entre CO_3Ca et la solution et se poursuit ensuite lentement sans jamais être terminée.

2° Au même poids de calcaire ne correspond pas la même quantité de P_2O_5 fixé lorsqu'on fait varier le rapport P_2O_5/CO_3Ca.

3° La fixation n'est pas simplement proportionnelle au poids de CO_3Ca, mis en expérience, mais également à la finesse des grains, c'est-à-dire à la surface de contact.

Ces constatations donnent à penser que la fixation de l'ion phosphorique sur le calcaire ne se fait pas par combinaison chimique mais suivant un phénomène d'*adsorption*.

Courbes d'adsorption. — Le tableau suivant indique les résultats obtenus en faisant varier la concentration en P_2O_5 de la solution, la quantité de CO_3Ca restant constante (250^{mg}); nous avons opéré en milieu alcalin et en milieu acide.

Concentration initiale P_2O_5 en mg/l.	Milieu alcalin pH 8-8,3		Milieu acide pH = 5,5	
	Concentration finale.	P_2O_5 fixé par gramme CO_3Ca.	Concentration finale.	P_2O_5 fixé par gramme CO_3Ca.
0,48	0,13	70	0,36	24
0,96	0,45	102	0,71	50
1,95	1,20	150	1,53	81
3	2,14	172	2,40	115
5	3,80	240	4,20	168

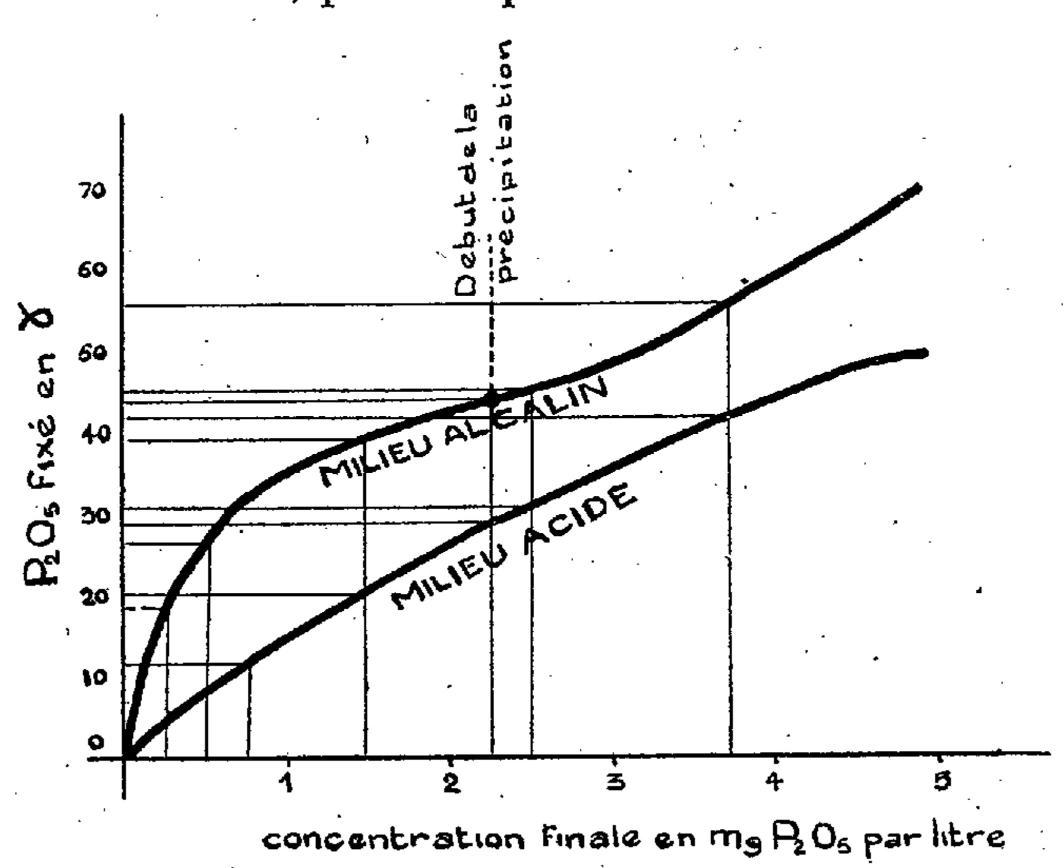
Si nous traçons les deux courbes correspondantes, nous voyons :

1° qu'en milieu alcalin, le seuil de précipitation se situe vers $3^{mg},5$; jusqu'à cette concentration, nous avons affaire à un *phénomène d'adsorption*. Au-dessus (cas ne se rencontrant pas dans le sol), nous avons une précipitation;

2° qu'en milieu légèrement acide, nous avons également une courbe caractéristique d'un phénomène d'adsorption, et ceci jusqu'aux fortes concentrations, la précipitation n'étant pas possible en milieu acide.

Le passage dans la solution du sol de l'acide phosphorique fixé sur le calcaire confirme l'hypothèse ci-dessus.

En effet, si nous traitons, par des quantités croissantes d'une solution neutre



d'humate d'ammonium 1 °/₀₀, deux grammes de CO_3Ca sur lesquels nous avons fixé 106γ de P_2O_5, nous extrayons les quantités suivantes de ce dernier :

Solution d'humate (cm³)	P_2O_5 extrait (en γ)
50	3,5
100	5,3
200	8,4
500	13,7
1000	22

Il n'y a donc pas proportionnalité entre la quantité passée en solution et le volume de solvant, ce qui est le cas dans les phénomènes de désorption avec échange d'ions.

Conclusions. — Dans les conditions qui se rencontrent ordinairement dans le sol, l'ion phosphorique en solution ne précipite pas en présence de CO_3Ca, mais est fixé par adsorption à la surface des grains de calcaire. Il repasse dans la solution du sol par un phénomène de désorption sous l'action de l'anion humique.

PHYSIOLOGIE. — *Les caractères de la cellule cancéreuse. Une théorie nouvelle sur la genèse du cancer.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une série de recherches [1], nous avons pu mettre en évidence quelques-unes des qualités que font apparaître les cancérigènes sur la cellule

---

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1049.

vivante. L'acquisition de ces qualités nouvelles permettant d'expliquer le comportement de la cellule néoplasique, une théorie sur la genèse du cancer semble pouvoir se dégager de ces résultats.

Des cancérigènes divers : benzopyrène, méthylcholanthrène, styryl 430, folliculine, en pénétrant dans la cellule vivante, modifient rapidement le comportement du chondriome et du nucléole de cette cellule (¹). Cette association, chondriome et nucléole, ne doit pas nous surprendre, car, dès 1928 (²), nous avons noté l'existence d'une parenté chimique entre ces deux constituants cellulaires, en montrant que chondriome et nucléole ont le même pouvoir oxydoréducteur et que l'un et l'autre contiennent du glutathion. Ces conclusions ont été confirmées et généralisées (³). D'autre part, nos recherches sur la vitamine A montrent que *la vitamine* A, *comme le glutathion, est un constituant essentiel du chondriome et du nucléole* (⁴). C'est cette double analogie de constitution entre les deux formations cellulaires qui explique l'analogie de leur comportement vis-à-vis des cancérigènes.

Dans la cellule normale, c'est le système vitamine A + glutathion qui assure le pouvoir de catalyse d'oxydation des chondriosomes et du nucléole (⁵). Puisque les cancérigènes affaiblissent ce pouvoir de catalyse, c'est qu'ils interviennent en modifiant les rapports du système. Quels que soient les agents physiques ou chimiques qui, soit par la voie interne, soit par la voie externe, constituent les causes éloignées du cancer, c'est à la perturbation de la constitution cellulaire qui affecte chondriome et nucléole que nous rattachons la cause fondamentale et immédiate de la cancérisation.

Le comportement de la cellule néoplasique se distingue par deux qualités : 1° une capacité respiratoire diminuée; 2° une division cellulaire anormale. La première qualité est une conséquence de la modification du chondriome dont le pouvoir de catalyse d'oxydation est amoindri par l'agent cancérigène (¹). La deuxième qualité se rattache à la perturbation subie par le nucléole. Le nucléole participe, en effet, d'une façon précoce, à la division cellulaire. Son accroissement de volume au début de la division est particulièrement important chez la cellule cancéreuse, soit dans les mitoses (⁶), soit dans les amitoses (⁷). Le nucléole, jouant un rôle actif et précoce dans le comportement du noyau de la cellule cancéreuse en voie de division, on conçoit que l'originalité qu'il a

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **98**, 1928, p. 567.

(³) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 918, et **128**, 1938, p. 59; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **29**, 1947, p. 258.

(⁴) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1159 et 1339; **200**, 1935, p. 346; **201**, 1935, p. 1042; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **18**, 1936, p. 1041.

(⁵) Ph. Joyet-Lavergne, *Rev. gén. sc. pures et app.*, **49**, 1938, p. 45.

(⁶) E. Haumeder, *Zeits. f. Krebsforsch.*, **40**, 1933, p. 105.

(⁷) E. Grynfeltt, *Biol. médic.*, **25**, 1935, p. 353.

acquise par le nouvel équilibre de ses constituants puisse se traduire par les diverses manifestations qui constituent l'originalité de croissance du tissu cancéreux.

Quand la cellule cancéreuse se divise, chacune des deux cellules-filles reçoit la moitié des chondriosomes et la moitié de la substance nucléaire. La cellule néoplasique assure donc, à sa descendance, les caractères du chondriome et du nucléole qui font son originalité. Ainsi se trouve constituée une race nouvelle de cellules capables de suivre une évolution indépendante et d'essaimer parmi les tissus de l'organisme.

CONCLUSIONS. — *La cause immédiate de la transformation d'une cellule normale en cellule néoplasique est une modification de la constitution cellulaire. Deux constituants cellulaires sont responsables de la genèse d'une cellule cancéreuse : le chondriome et le nucléole. La transformation d'une cellule normale en cellule cancéreuse s'effectue par une modification de l'équilibre du système vitamine A + glutathion de chacun de ces deux constituants. Le nouvel équilibre peut être provoqué par l'action d'agents cancérigènes divers, d'origine interne ou d'origine externe. Il entraîne comme conséquence l'apparition d'un métabolisme nouveau commandé par le chondriome et de modes de divisions cellulaires nouveaux dirigés par le nucléole. La multiplication de la cellule néoplasique assure la transmission des qualités nouvelles du chondriome et du nucléole à sa descendance. La race nouvelle, ainsi formée par cette mutation, constitue le tissu cancéreux.*

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de quelques substances anti-fragilité vasculaire sur l'hypertension adrénalinique chez le Chat spinal.* Note (*) de MM. **José-Antonio Salvà, Joseph Neumann** et **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les substances anti-fragilité vasculaire du groupe de la flavone prolongent, *in vitro*, les effets de l'adrénaline sur les organes isolés ([1]), ([2]), ([3]); suivant l'hypothèse de Lavollay et Neumann, leur action sur la résistance vasculaire serait due à un effet de protection de l'adrénaline *in vivo* ([4]).

Plusieurs travaux ont été consacrés à l'étude des modifications apportées par ces composés aux actions physiologiques de l'adrénaline dans l'organisme : A. Chez le Chien chloralosé, l'hypertension provoquée par l'adrénaline a été, dans plusieurs expériences de Maschas, Lavollay et Neumann, puis de Parrot, Lavollay et Neumann, prolongée par l'injection intraveineuse préalable

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 251-253.

([2]) J. Lavollay, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1193.

([3]) J. Lavollay, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 287-290.

d'un extrait flavonique d'Orange ou de quercitroside (¹). B. Chez le Chat anesthésié à l'allyl-isopropyl-malonylurée, la contraction de la membrane nictitante provoquée par l'adrénaline a été, dans les expériences de Parrot et Lavollay (⁴), (⁵), amplifiée et prolongée par de faibles doses de catéchine

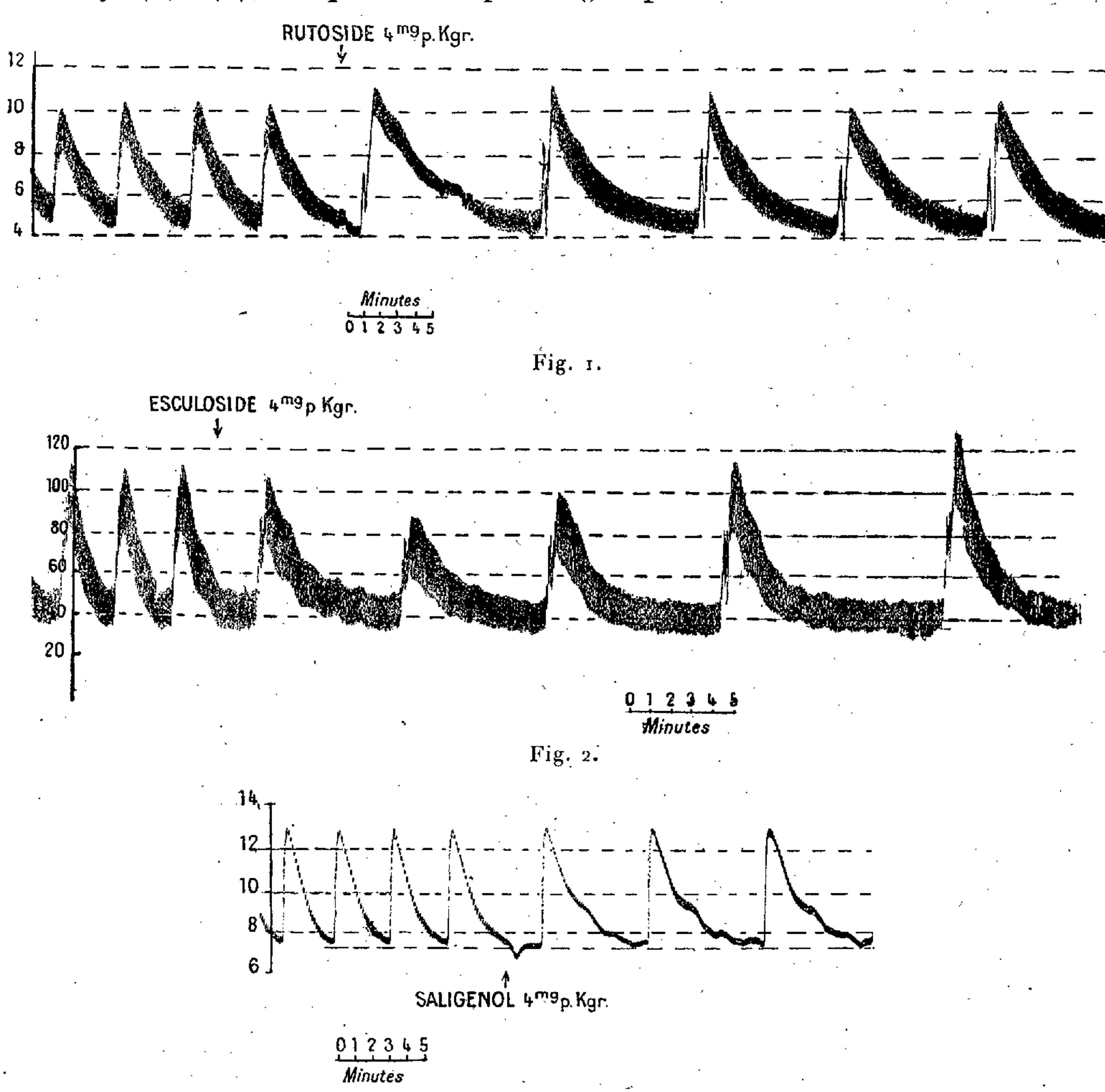


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

épimérisée, alors que les flavonols étaient inactifs (⁶). Par contre, ni la catéchine épimérisée, ni les flavonols ne modifiaient l'hypertension adrénalinique chez le Chat anesthésié à l'allyl-isopropyl-malonylurée. C. Sur le Chat spinal, Valdecasas et Puig-Muset ont trouvé que l'hypertension adré-

(⁴) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 496-498.

(⁵) J. Lavollay, J.-L. Parrot et J. Sevestre, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 540.

(⁶) Aux États-Unis, De Eds (communication personnelle de W. G. Clark) a cependant trouvé depuis la même propriété au rutoside et au quercétol injectés à des doses au moins égales à 50 mg/kg d'animal.

nalinique était augmentée et prolongée à la suite de l'injection d'un extrait flavonique d'Orange ([7]), ([8]). D. Sur les vaisseaux du méso-appendice du Rat, le seuil de l'activité vasoconstrictrice de l'adrénaline appliquée localement, était abaissé après injection de rutoside à la dose de 50-100 mg/kg, dans les expériences de Crismon ([9]).

Le Chat spinal constitue un objet d'expériences particulièrement sensible et bien adapté à la mise en évidence des effets physiologiques de la protection de l'adrénaline *in vivo* et nous l'avons utilisé pour l'étude de plusieurs substances anti-fragilité vasculaire. La technique de préparation du Chat en expérience est celle d'Elliot ([10]). La préparation est laissée au repos pendant au moins une heure et jusqu'à réponses identiques à des quantités égales d'adrénaline injectées dans la veine. On injecte alors, également par la voie veineuse, la substance à étudier en solution dans le sérum physiologique et l'on répète les injections d'adrénaline, ce qui permet d'enregistrer les modifications éventuelles de l'hypertension artérielle.

Les substances anti-fragilité vasculaire que nous avons éprouvées suivant cette technique ont augmenté ou prolongé l'hypertension adrénalinique. Ces substances sont : le rutoside, l'esculoside, le phloridzoside, le salicoside, le saligénol, le diméthyl-esculétol, la maclurine et l'acide phloroglucine-carbonique.

Le naringoside, qui est inactif sur la résistance vasculaire, est également ici sans action.

Les graphiques ci-dessus illustrent le phénomène pour trois substances.

Ces expériences montrent que les substances anti-fragilité vasculaire provoquent aux très faibles doses de 2 ou 4 mg/kg d'animal, l'amplification de l'un des effets classiques de l'adrénaline. Elles ne démontrent pas que ces substances exercent nécessairement leur action sur la résistance vasculaire par l'intermédiaire de l'adrénaline, car il est possible qu'elles aient aussi une action propre sur les parois vasculaires.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Action des lécithines sur la fécondité du Doryphore.* Note de M. **Pierre Grison**, présentée par Émile Roubaud.

La fécondité des Insectes varie considérablement, pour une espèce donnée, suivant les régimes alimentaires qui leur sont procurés ([1]). Chez le Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* Say, l'âge et l'état physiologique du feuillage de

---

([7]) *Trab. Inst. Nac. C. Mad.*, **2**, 1944, p. 725.

([8]) P. Puig-Muset, *Introducion al estudio de la vitamina* P. Barcelona, 1945.

([9]) *J. Clin. Invest.*, **27**, 1948, p. 364.

([10]) *J. Physiol.*, **32**, 1905, p. 401.

([1]) W. Trager, *Biol. Rev.*, **22**, 1947, p. 148.

Pomme de terre que l'adulte consomme sont une des conditions de la variabilité de la fécondité des femelles ([2]).

Bien que la teneur en glucides et en protides des organes végétatifs de la Pomme de terre varie suivant l'état physiologique de ces derniers ([3]), nous n'avons jamais obtenu de résultats significatifs en *supplémentant* les régimes offerts aux Doryphores avec divers glucides ou protides, ni avec le tocophérol, le cholestérol, la levure ou l'acide nucléique; nous avons pensé qu'un autre facteur pouvait conditionner la fécondité ([4]).

Ainsi, nous avons été amené à rechercher les éléments biochimiques qui se présentent essentiellement dans les feuilles jeunes et, parmi ceux-ci, nous avons retenu les lécithines ([5]). Nous avons alors procédé à l'addition de lécithines à l'aliment offert à des séries de couples de Doryphores. Notre méthode ([6]) consiste à étendre sur la feuille de Pomme de terre le produit à tester, en l'incorporant dans une solution d'eau distillée glycérinée à 10 %. Ainsi, les lécithines, étant préalablement émulsionnées, étaient ajoutées à la dose de 5^g pour 100^{cm^3} de cette solution. Parfois, elles furent ajoutées à une solution à 20 % de saccharose.

Dans certains essais, nous avons offert les régimes alimentaires, à tester, à des insectes parfaits de première génération, dès leur sortie du sol, après la mue imaginale, en été 1947; ces insectes étaient nourris de nouveau avec le même régime, après leur diapause, au printemps 1948 et pendant 60 jours, ou jusqu'à leur mort, si elle survenait avant ce délai. Le tableau suivant indique la fécondité, exprimée par le nombre moyen d'œufs pondus par jour et par femelle (pour tenir compte à la fois de l'hétérogénéité de la ponte et de la variabilité des longévités de chaque femelle).

Aliment.	Nombre de couples.	Femelles ayant pondu.	Ponte totale.	Fécondité moyenne.
1. Feuille jeune témoin	4	2	72 œufs	0,35 œuf
2. » + sol. saccharose	4	2	253 »	1,07 »
3. » + sol. glycérine	9	7	822 »	1,61 »
4. » + sol. saccharose et lécithine.	3	2	542 »	3,13 œufs
5. » + sol. glycérine et lécithine.	8	8	1454 »	3,65 »
6. Feuille vieille	8	0	0 »	0 œuf

D'autre part, les feuilles vieilles *supplémentées* avec une solution de saccharose et de lécithine permettent d'obtenir une ponte normale, chez 3 femelles sur 9, avec une fécondité moyenne de 0,98 œuf pour l'ensemble de celles-ci.

(2) P. Grison, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 295.
(3) Y. Coic, *Ann. Agronom.*, 15, 1945, p. 86.
(4) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1185.
(5) G. Ducet et P. Grison, *Comptes rendus* (sous presse).
(6) P. Grison, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 160.

Dans d'autres essais, nous avons utilisé au printemps les imagos hibernants recueillis dans la nature, peu après leur apparition dans les cultures. Dans l'un d'eux, nous avons obtenu, pour 5 couples alimentés d'abord avec des feuilles jeunes saupoudrées de poudre de feuilles de Pommes de terre : 89 œufs, pendant 18 jours au laboratoire (à + 18° C. environ), soit une ponte moyenne de 18 œufs par insecte, ou 0,80 œuf par insecte et par jour; puis, pendant 10 jours à + 25° C., des pontes moyennes respectivement de 3,4 œufs et 0,34 œuf; enfin nous ajoutions à l'aliment une émulsion de lécithine à 5 % et nous obtenions, pendant 23 jours, des pontes moyennes de 63 œufs par insecte et 2,82 œufs par insecte et par jour, la ponte totale ayant été de 314 œufs.

Il est possible de nourrir des Doryphores avec de tels aliments artificiels, étendus sur des feuilles de Pois; puis d'établir les rapports d'accroissement de fécondité, avec ces régimes, à la fécondité antérieure sur feuilles de Pomme de terre; nous obtenons, en prenant le rapport 1 pour le témoin, les rapports 0,98 avec la caséine, 1,07 avec la levure desséchée et 2,47 avec la lécithine.

Enfin la choline, constituant azoté des lécithines et facteur lipotropique chez les Vertébrés, n'a aucune action particulière, lorsqu'elle est offerte seule sous forme de solution de chlorydrate de choline, dans les mêmes conditions que les autres substances.

Il résulte de nos constatations que, dans l'état actuel de nos recherches, et sans tenir compte d'autres constituants inconnus des feuilles jeunes, ou d'un certain équilibre entre l'ensemble de ces constituants, les lécithines, dont sont très riches les feuilles jeunes de Pomme de terre, peuvent être considérées comme l'un des facteurs conditionnant la fécondité chez le Doryphore.

BIOLOGIE. — *Sur quelques propriétés de la glande à pourpre desséchée et vieillie chez* Murex trunculus. Note de MM. **Antoine Jullien**, **René Jacquemain** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une série de recherches antérieures, A. Jullien, seul ou en collaboration avec A. Bonnet [1] et D. Vincent [2], a montré que la glande hypobranchiale fraîche de *Murex trunculus* se révélait d'une richesse exceptionnelle en composés à action stimulante sur le muscle de Sangsue et qu'elle était douée d'une forte toxicité. La nature de ce dernier effet, analysé plus spécialement chez la Grenouille, était une curarisation résultant surtout d'une forte élévation de la chronaxie musculaire.

Dans le présent travail, nous avons recherché d'abord, dans quelle mesure les propriétés fondamentales de la glande fraîche se maintenaient après dessic-

(1) *Comptes rendus,* **212**, 1941, p. 932.
(2) *C. R. Soc. Biol.,* **127**, 1938, p. 1506.

cation et vieillissement; en cas de résultat positif, on pourrait alors disposer d'une substance paralysante, d'origine animale, susceptible de remplacer éventuellement et, dans certains cas, le curare. En outre, nous nous sommes attachés à déterminer, par de nouvelles expériences, si l'action curarisante était liée à l'*effet Sangsue* et à préciser la nature de la substance toxique.

Les produits que nous avons utilisés, en cette année 1948, provenait de deux lots de glandes desséchées, l'un en 1940, l'autre en 1947, à la station de Tamaris. Il faut pratiquer l'ablation de plusieurs centaines de glandes pour obtenir finalement quelques grammes de produit sec. Pour évaluer sa teneur en équivalent-acétylcholine, on applique sur deux tests : le muscle de Sangsue et le poumon de Grenouille, soit l'extrait aqueux simple en Ringer ésériné, soit l'extrait trichloracétique. Des tracés obtenus, il semble qu'on puisse fixer en moyenne cette teneur à 100^{γ} par gr. d'organe sec. Ainsi, à poids égal, l'équivalent — AC de la glande desséchée et vieillie n'équivaut qu'à la moitié de celui de la glande fraîche (200^{γ}); mais, étant donné que l'organe perd les 4/5 de son poids par dessiccation, on voit que 10^{g} d'organes frais, contenant 2000^{γ} en équivalent — AC, se réduiront à 2^{g} de produit sec ne renfermant plus que 200^{γ}. La dessiccation et le vieillissement amènent donc une perte des 9/10 des constituants actifs sur le muscle de Sangsue; ces derniers correspondent vraisemblablement, pour une fraction importante, à un mélange d'esters choliniques auxquels s'ajoutent, peut-être, des composés à *effet Sangsue*, n'appartenant pas à ce groupe.

Comme les extraits de glande fraîche, les extraits d'organes secs se montrent doués d'un pouvoir toxique très développé que nous avons étudié notamment chez les Poissons d'eau douce, les Batraciens et les Mammifères.

Les Poissons d'eau douce (Tanche, Brochet, Poisson-Chat) sont les plus réceptifs; ils sont tués, en l'espace de quelques minutes, par une injection de 1^{cm^3} de l'extrait au 1/1000; c'est la quantité liminaire qui ne contient que $0^{\gamma},1$ en équivalent — AC. Rapidement et sans signe d'agitation préalable, l'animal s'immobilise, arrête sa respiration, puis il s'incline sur le côté et flotte entre deux eaux; l'évolution des symptômes est fatale et n'est, dans aucun cas, réversible. La faible dose léthale ci-dessus tend à prouver que, contrairement à l'*effet Sangsue*, les propriétés hautement toxiques de l'organe frais sont maintenues inaltérées dans la glande sèche.

Les Batraciens Anoures tels que la Grenouille et les Urodèles, comme le Triton, sont paralysés, mais non tués par une injection de 1^{cm^3} d'une solution au 1/20. Ici, la symptomatologie paraît calquée sur celle qui suit l'intoxication par le curare. Il se développe, ainsi que nous l'ont montré de nombreuses mesures des paramètres de l'excitabilité, et comme avec l'extrait de glande fraîche, un hétérochronisme dû à une élévation marquée de la chronaxie musculaire.

En plus, on observe chez les Batraciens une vaso-dilatation importante et

persistante des vaisseaux de la peau, dans toute la zone touchée par l'extrait.

L'hydrolyse des extraits de glande desséchée nous apporte quelques lueurs sur la nature du ou des composés toxiques. Des trois procédés employés : cholinestérases sérique et globulaire, ébullition, soude, aucun n'est susceptible de supprimer complètement l'*effet Sangsue*. Dans les hydrolyses les plus poussées, obtenues par l'ébullition ou la soude, il subsiste dans les deux cas, un reliquat en équivalent — AC qui représente les 5/100 environ du stock initial. Mais, après l'ébullition prolongée, le pouvoir curarisant paraît intégralement conservé; il n'y a donc pas de liaison étroite entre l'*effet Sangsue* et l'effet toxique. Par contre, l'action prolongée de la soude amène la disparition des propriétés toxiques de l'extrait. De tels résultats tendent à administrer la preuve que les deux propriétés fondamentales des extraits secs sont l'apanage de deux groupes de constituants différents.

En résumé, *la dessiccation et le vieillissement* de la glande hypobranchiale de *Murex trunculus* amènent un affaiblissement considérable de sa teneur en composés actifs sur le muscle de Sangsue, mais conservent intégralement ses propriétés toxiques et curarisantes. Celles-ci paraissent liées à des constituants distincts de ceux qui sont responsables de l'*effet Sangsue;* ils sont détruits par la soude.

BIOLOGIE MARINE. — *Premières recherches en scaphandre autonome sur le peuplement des facies rocheux de la zone littorale profonde.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

En zone littorale profonde (portion de la zone néritique située au-dessous du niveau des plus basses mers), aucun engin de récolte ne permet de travailler sur les fonds rocheux accidentés, les falaises sous-marines et les champs de gros blocs. Notre connaissance de ces milieux est limitée aux premiers mètres qui font suite à la zone intercotidale et aux champs de petits blocs, reposant sur fonds meubles, accessibles à la drague. Les facies rocheux sous-marins exigent la pénétration directe de l'homme; les tentatives jusqu'ici réalisées ont utilisé les scaphandres du type usuel (Petersen, 1908 et 1925; Kramp, 1925; Gislen, 1930; Zalokar, 1942) ou des casques de plongée (Kitching, Macan et Gilson, 1934). Casques et scaphandres usuels ont le triple inconvénient d'exiger que l'observateur repose sur fond plat, reste en position verticale et soit lié à son tuyau d'aération; tout cela exclut l'exploration des divers niveaux d'une falaise sous-marine et des fonds rocheux accidentés. Les nouveaux scaphandres autonomes, du type Cousteau-Gagnan, permettant une exploration libre, dans n'importe quelle position et sans aucune liaison avec l'extérieur, apparaissent comme les meilleurs instruments d'exploration sous-marine entre 0 et 50^{m}.

J'ai, avec ces appareils, effectué 40 plongées dans les districts suivants (août 1947-octobre 1948) : 1° Méditerranée : rade de Toulon, Ile de Port-Cros,

Ile Riou (10 plongées de 0 à 20m); 2° Manche : baie de Morlaix, Archipel de Santec (25 plongées de 0 à 30m); 3° Atlantique Sud : Rio de Janeiro (5 plongées de 0 à 15m). La diversité de ces districts permet de séparer dans les caractères de leurs peuplements ce qui est endémique et local de ce qui est cosmopolite et général. Nous n'envisagerons ici que quelques-uns des caractères les plus généraux.

I. Comme dans la zone intercotidale, le benthos sessile animal et végétal constitue la catégorie écologique dominante qui confère aux peuplements rocheux leur aspect caractéristique. La dominance concerne aussi bien le nombre des espèces que la densité des populations. Il arrive cependant que des espèces benthiques non sessiles, mais peu mobiles et pratiquement sédentaires, jouent un rôle important dans certains peuplements : populations d'Oursins réguliers sur certaines falaises de la Méditerranée et surtout de l'Atlantique Sud (jusqu'à 100 au mètre carré dans la Baie de Guanabara); agglomérations de Crinoïdes et d'Holothuries dans les anfractuosités rocheuses (Manche, Atlantique Sud).

II. Un des caractères les plus frappants des fonds rocheux est la diversification de leurs peuplements sur des aires restreintes, les opposant à l'uniformité relative des fonds meubles; crêtes, flancs diversement orientés, fonds de petites dépressions et anfractuosités, sont couverts d'épibioses différentes donnant l'impression d'une mosaïque difficile à analyser. Ce caractère s'observe également en zone intercotidale et résulte de ce que le benthos sessile est, plus que les autres catégories écologiques, étroitement conditionné par le milieu. En zone littorale profonde les conditions de rugosité offertes par le support sont sensiblement constantes dans une étendue limitée, et la composition chimique de l'eau n'y subit pas de changements importants; aussi la diversité de peuplements dans une telle étendue ne s'explique que par les variations locales dans la luminosité et dans la turbulence des eaux; luminosité et turbulence sont en effet les seuls facteurs susceptibles de grandes variations avec l'orientation du support rocheux. Celui-ci devra, pour l'inventaire bionomique, être décomposé en éléments de surfaces approximativement planes, présentant dans leur étendue les mêmes conditions concernant ces deux facteurs (surfaces élémentaires).

III. A l'échelle des surfaces élémentaires, les inventaires réalisés montrent une plus grande diversité d'espèces qu'en zone intercotidale, conséquence des nombreuses conditions restrictives qui interviennent dans celle-ci. Pour chaque groupe on peut affecter une surface élémentaire ou une association d'un *coefficient de diversité*, représenté par une fraction dont le numérateur est le nombre d'espèces présentes, et le dénominateur le nombre total d'espèces du groupe connues dans la région. Ces coefficients permettent une estimation comparée de la sélectivité des conditions réalisées par les surfaces supports (sélectivité inversement proportionnelle au coefficient de diversité).

IV. Le caractère le plus remarquable et le plus important des peuplements rocheux en zone littorale profonde réside dans le recouvrement total de la surface rocheuse, noté par Gislen (1930) dans sa définition des épibioses; contrairement à ce qui a souvent lieu en zone intercotidale, le rocher n'est jamais dénudé (sauf de rares exceptions faciles à expliquer). Le peuplement d'une surface rocheuse peut être caractérisé par un *taux de recouvrement* exprimant le pourcentage de la surface couverte par les épibioses; tandis qu'en zone intercotidale on observe selon les surfaces élémentaires une gamme allant de 0 à 100, en zone littorale profonde le taux est maximum et égal à 100 %. Ce taux concerne les *épibioses du premier degré* directement fixés sur le roc. Certains organismes ne peuvent servir de support à d'autres, limitant par leur seule présence la production vivante sur la surface occupée; d'autres espèces au contraire, utilisées comme support, donnent lieu à des *épibioses du deuxième ou du troisième degré*, réalisant ainsi un important accroissement de la surface portante disponible (très important pour les formations de laminaires des régions tempérées). Les taux de recouvrement des épibioses du deuxième et du troisième degré, plus élevés qu'en zone intercotidale, n'atteignent pas en général la valeur maxima des épibioses du premier degré et cela pour deux raisons : 1° sélectivité plus grande des supports vivants; 2° influence de l'âge et de la longévité du support sur lequel les épibioses mettent un certain temps à s'installer et à croître.

En résumé les caractères essentiels des peuplements rocheux en zone littorale profonde sont : 1° la dominance du benthos sessile; 2° la grande variété des épibioses dues aux variations de luminosité et de turbulence des eaux d'un élément à l'autre de la surface rocheuse; 3° la diversité spécifique plus élevée qu'en zone intercotidale; 4° le taux de recouvrement maximum (100 %) des épibioses du premier degré.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Oxydation de l'heptane par* Pseudomonas æruginosa. Note (*) de M. **Boris Imelik**, présentée par M. Paul Pascal.

Nos connaissances sur les produits de décomposition bactériologique des hydrocarbures sont très restreintes, car leur analyse est difficile, particulièrement pour les paraffines légères.

Nous savons que la croissance des microbes utilisant des hydrocarbures comme source de carbone, est très limitée et souvent même impossible lorsqu'il s'agit des paraffines C_1 à C_6. A quelques exceptions près, seules les paraffines de poids moléculaire plus lourd (composés C_8 à C_{10}) provoquent une croissance suffisante [1].

(*) Séance du 22 novembre 1948.

[1] Zobell, *Bact. Rev.*, 10, 1946, p. 1.

Cependant, même si la croissance est assurée, nous nous heurtons toujours à des difficultés dans la recherche des produits de décomposition, car en général l'oxydation de l'hydrocarbure est totale et CO_2 est seul saisissable.

Comme nous l'avons déjà observé (²), nous pouvons améliorer sensiblement la croissance du *Pseudomonas æruginosa* sur l'heptane en ajoutant 0,05 % de glucose au milieu de culture. Pourtant, dans ce cas aussi, l'oxydation est complète et nous ne pouvons saisir aucun produit de dégradation.

Dans la recherche des produits susceptibles de changer le cours de l'oxydation, nous avons été guidé par le fait que l'addition du bleu de bromothymol au milieu de culture provoque la formation d'acides pendant la croissance des bactéries (²).

En essayant divers produits, nous avons trouvé que l'oxydation de l'heptane est seulement partielle et se manifeste par l'accumulation d'acides, si nous ajoutons au milieu de culture soit 0,035 % du mélange d'indicateurs connu sous le nom d'Indicateur Universel (Kuhlmann), soit de l'anthracène dissous dans la paraffine.

Voici, à titre d'exemple, une expérience caractéristique exécutée avec *Pseudomonas æruginosa* en superposant l'Indicateur Universel aqueux et l'heptane. Les chiffres sont rapportés à 100^{cm^3} de chaque phase.

Jour de croissance......	3ᵉ.	5ᵉ.	7ᵉ.	Témoin.
Dans l'heptane :				
Acidité (en cm³ de KOH N/10)...	2,0	1,5	1,3	0,1
Saponifiable (en cm³ de KOH N/10).	2,0	2,2	2,5	0,1
Indice de brome................	0,0	0,0	0,0	0,0
» de peroxyde..............	1,0	0,8	0,3	0,0
Groupement carbonyl............	0,0	0,0	0,0	0,0
» hydroxyl............	0,0	0,0	0,0	0,0
Couche aqueuse :				
pH............................	4,6	5,7	5,8	7,2
Acidité (en cm³ de KOH N/10)...	12,0	9,1	8,9	3,1

L'altération de l'heptane est minime, bien que la production d'acides dans le milieu de culture soit assez importante. Ce fait s'explique par la bonne solubilité des produits de décomposition dans l'eau.

Par addition de $CaCO_3$, nous avons accumulé, isolé et identifié quelques produits de décomposition : acides valérianique, acétique, aldéhyde formique. La production d'acide acétique est très faible et saisissable uniquement dans la phase de culture.

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1227.

(³) Nous avons dosé l'indice du peroxyde, d'après Yule et Wilson (*Ind. Eng. Chem.*, **23**, 1931, p. 1254); de carbonyl, d'après Strache (*Monatsh.*, **12**, 1891, p. 524; **13**, 1892, p. 299); d'hydroxyl, d'après Smith et Bryant (*J. Am. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 61.

Bien que nous ayons trouvé avec l'anthracène les mêmes produits de décomposition (avec en plus de l'acide *o*-phtalique, provenant de la dégradation de l'anthracène), le cours de croissance du *Pseudomonas æruginosa* est dans ce cas différent. Il faut souligner que la croissance sur l'anthracène-heptane, comparée à celle sur le milieu Indicateur-heptane est beaucoup plus faible. En général, nous n'avons pu observer pour l'anthracène la formation d'acides libres en quantité susceptible de changer le pH du milieu de culture. La chute du pH dans le cas de l'Indicateur Universel est, au moins partiellement, provoquée par la libération de l'acide chlorhydrique provenant de l'hydrolyse du NH_4Cl, ce qui indique une consommation poussée d'azote.

La formation des acides valérianique et acétique montre que la plus grande partie de l'oxygène, en donnant naissance au peroxyde, se fixe sur le carbone 3 de la chaîne, particularité également observée dans l'autooxydation des paraffines à basse température (100° à 200°) (4).

Pourtant, il est possible qu'une partie de l'oxygène se fixe aussi sur le carbone 2, ce qui expliquerait la formation d'aldéhyde et d'acide formiques. Ensuite, le peroxyde est vraisemblablement transformé en cétone, bien que nous n'ayons pu en constater la présence. Probablement est-elle ensuite oxydée instantanément en acides valérianique et acétique, ce dernier étant dégradé et utilisé ultérieurement par les bactéries.

En conclusion, nous croyons pouvoir admettre pour l'oxydation de l'heptane les réactions analogues à celles de son autooxydation.

$$C_7H_{16} \rightarrow C_4H_9-\underset{\substack{|\\O\\|\\O\\|\\H}}{\overset{\substack{H\\|}}{C}}-C_2H_5 \rightarrow \left(C_4H_9-\overset{\substack{O\\\|}}{C}-C_2H_5\right) \begin{array}{l}\nearrow C_4H_9-COOH\\ \searrow CH_3-COOH\end{array}$$

PHARMACOLOGIE. — *De quelques actions pharmacologiques des iodométhylates de la* N-*diéthyl-*β*-phényl-éthylamine, de ses homologues inférieur et supérieur et de leurs morpholines.* Note de M. **René Hazard**, Mlle **Élisabeth Corteggiani** et Mlle **Simone-Hélène Renard** (1), présentée par M. Léon Binet.

Un exemple frappant des modifications apportées à l'action physiologique d'une molécule par son iodométhylation a été donné par la procaïne qui,

(4) Zuidema, *Chem. Rev.*, 38, 1946, p. 197.

(1) Ce travail a été fait en collaboration avec P. Chabrier.

Formule.	Point de fusion.	Action sur la pression artérielle (doses en g/k). 0,005.	0,02.	Action sur l'hypertension adrénalinique (doses en g/k). 0,005.	0,02.	nicotinique (doses en g/k). 0,005.	0,02.
$C_6H_5CH_2-N{<}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ (I, CH_3)	150	Hypertension faible	Hypertension marquée	Sensibilisation faible	Prolongation	Diminution très marquée	Suppression
$C_6H_5CH_2-N{<}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CH_2}{>}O$ (I, CH_3)	150	Sans action ou faible hypertension	Faible hypertension (0,04 hypotension)	Sans action ou légère sensibilisation	Sans action	Faible diminution	Très forte diminution
$C_6H_5CH_2-CH_2-N{<}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ (I, CH_3)	110	Hypertension très marquée	Hypertension très forte	Sensibilisation	Sensibilisation	Diminution très marquée	Suppression
$C_6H_5CH_2-CH_2-N{<}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CH_2}{>}O$ (I, CH_3)	182	Hypertension marquée	Hypertension très faible	Sensibilisation	Sensibilisation et prolongation	Sans action	Suppression
$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-N{<}^{C_2H_5}_{C_2H_5}$ (I, CH_3)	115	Hypotension nette	Hypotension plus marquée	Sensibilisation	Sensibilisation très marquée	Suppression	Suppression
$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-N{<}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CH_2}{>}O$ (I, CH_3)	non crist.	Hypotension faible	Hypotension faible	Sans action	Sensibilisation très marquée	Diminution	Suppression

hypotensive et antinicotinique, donne un iodométhylate hypertenseur et nicotinique ([2]) et par ailleurs plus curarisant qu'elle-même ([3]).

Nous avons recherché les effets produits par la fixation de l'iodure de méthyle sur la N-diéthyl-β-phényléthylamine, ses homologues inférieur ou supérieur et leurs morpholines. Les iodométhylates, formés par action de CH_3-I sur la base correspondante (diéthylamine ou morpholine) en solution éthérée, à la température ordinaire, s'insolubilisent après un temps variable suivant la nature de l'amine; ils sont séparés par filtration. Ce sont des corps cristallisés, sauf l'un d'entre eux, et solubles dans l'eau.

Nous avons déjà indiqué les conditions opératoires de l'essai physiologique chez le Chien et exposé les résultats obtenus avec les dérivés non iodés ([4]).

En ce qui concerne l'action sur la pression artérielle, le tableau ci-contre montre que l'iodométhylation a pour effet d'orienter généralement l'activité de la N-diéthyl-β-phényléthylamine, de son homologue inférieur et de leurs morpholines vers l'hypertension et de maintenir sensiblement l'effet hypotenseur de son homologue supérieur et de sa morpholine.

Alors que la fixation de CH_3I respecte ou augmente l'action adrénalinotonique de la N-diéthylbenzylamine et de sa morpholine, elle modifie complètement l'effet de la N-diéthyl-β-phénylamine, de la N-diéthylphénylpropylamine et de leurs morpholines : on observe dans tous les cas avec les dérivés iodés une augmentation de la sensibilité à l'adrénaline alors que les effets hypertenseurs de cette dernière étaient augmentés, inversés ou diminués par le dérivé non iodé correspondant.

Enfin le passage à l'iodure d'ammonium quaternaire produit le renforcement général de l'action antinicotinique de tous les corps de la série.

Comme dans le cas des amines correspondantes, la morpholisation diminue nettement l'activité physiologique de la molécule.

PHARMACODYNAMIE. — *Cinchonamine et quinamine.*
Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après avoir découvert la nature indolique de la cinchonamine, nous avons montré que cet alcaloïde qui est extrait d'une Rubiacée-Cinchonée américaine et qui possède la même formule brute que le yohimbol, offre un spectre d'absorption dans l'ultraviolet identique à celui de ce dernier et présente,

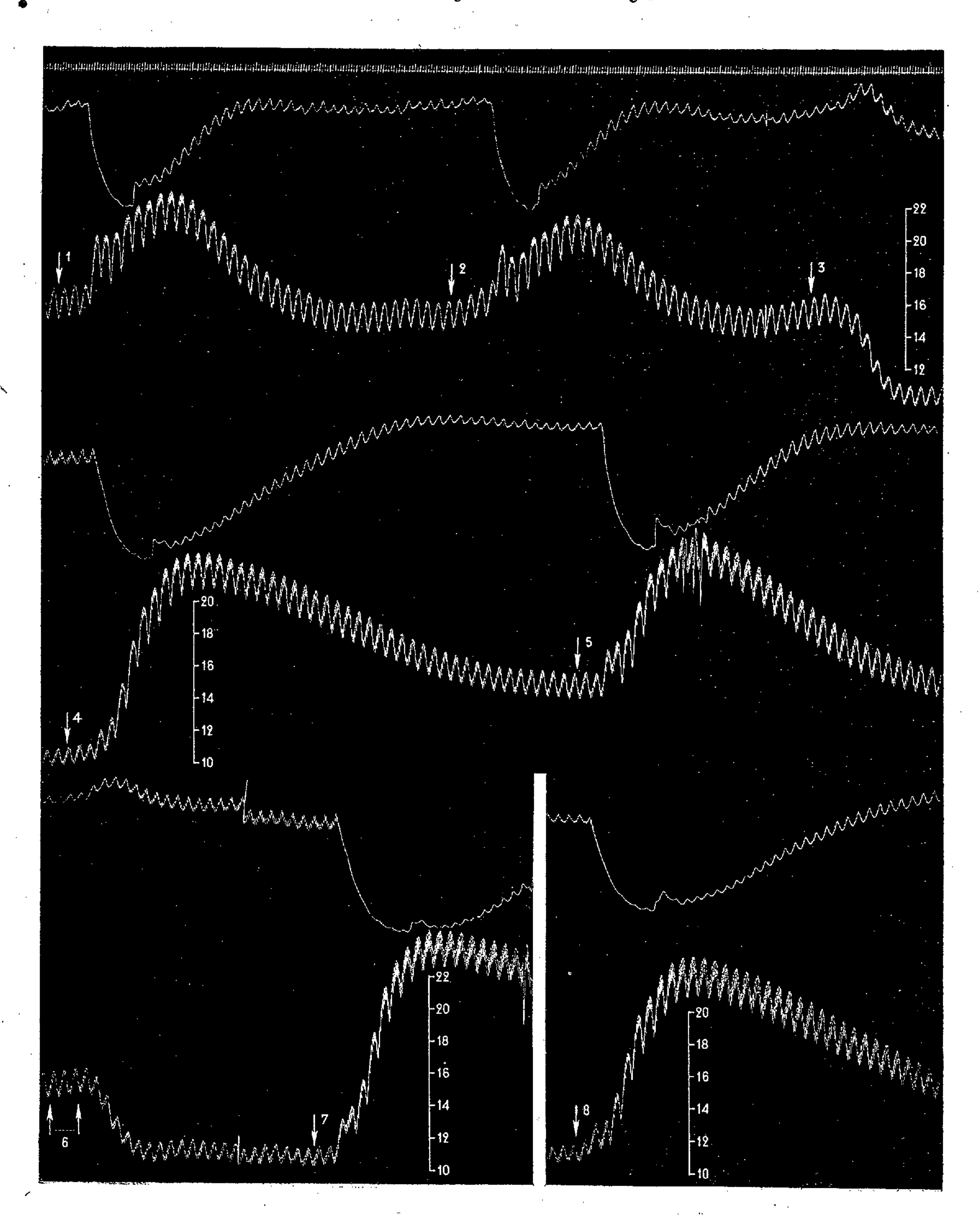
---

([2]) R. Hazard, et E. Corteggiani, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 779-780; 222, 1946, p. 921-922.

([3]) R. Hazard et A. Sevin, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 52-54.

([4]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 95-96. Nous prions le lecteur de lire dans cette Note à la 4e ligne du texte, N-diéthylbenzylamine (et non N-diéthylamine).

(*) Séance du 22 novembre 1948.



Essai du 15 février 1944. Chienne de 14^{kg}, chloralosée (12^{cg} par kg), bivagotomisée au cou et soumise à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e, 4e et 6e lignes : oncogramme. 3e, 5e et 7e lignes : tensiogramme. On a injecté dans la saphène, en 1, 2, 4, 5, 7 et 8, 0^{mg},02 d'adrénaline, en 3, 14^{mg}, en 6, 28^{mg} d'iodométhylate de cinchonamine. Tracé réduit de moitié.

comme lui, les deux réactions colorées caractéristiques des substances yohimbiniques, c'est, à savoir, la production d'une coloration bleue au contact de l'acide sulfurique ferrique ou molybdique (Réactif de Fröhde) à froid, de l'acide sulfurique-chloral à chaud. Ces caractères inclinaient à considérer la cinchonamine comme très voisine chimiquement de la yohimbine, mais la dissemblance des effets physiologiques de ces deux substances nous avait décidé à admettre que le squelette nucléaire de la cinchonamine diffère de celui du yohimbol par des substitutions ou des ruptures atteignant certains noyaux.

Postérieurement à nos publications, T. A. Henry, K. S. Kirby et G. E. Shaw sont parvenus à faire la preuve de la nature indolique et quinuclidique de la quinamine, extraite elle aussi d'une Rubiacée-Cinchonée américaine.

La cinchonamine ne différant de la quinamine que par un O en moins, Janot a été amené à supposer que la première de ces bases ne diffère de la seconde que par la substitution, en α du groupement indolique, d'un CH_3 à un CH_2OH.

Certains faits d'ordre pharmacodynamique s'accordent avec cette hypothèse. C'est ainsi que l'iodométhylation diminue considérablement l'activité sympathicolytique majeure de la yohimbine (alcaloïde non quinuclidique), alors que la transformation de l'hydrocinchonidine (alcaloïde quinuclidique) et de la cinchonamine (alcaloïde supposé quinuclidique par Janot) en bases ammonium-quaternaires fait apparaître chez elles une puissante activité sympathicosthénique qui se traduit par une augmentation des effets de l'adrénaline bien mise en évidence, pour la cinchonamine, par le tracé ci joint.

Ajoutons que la réaction de Sivadjian donne des résultats tout à fait différents avec la yohimbine et avec la cinchonamine puisqu'elle fait apparaître avec celle-là une nuance intermédiaire entre le jaune orangé rabattu et l'orangé rabattu (*vulgo brun*), avec celle-ci une coloration bleu violet très remarquable.

Cependant, en présence de l'acide sulfurique additionné d'un oxydant, la cinchonamine, mais non la quinamine, donne presque immédiatement naissance à une intense coloration bleue. Or s'il n'est plus permis d'admettre avec D.-G. Harvey, E.-J. Miller et W. Robson, que cette réaction colorée est particulière à l'acide 2, 3, 4, 5-tétrahydro-β-carboline 4-carboxylique, on paraît être autorisé à la considérer, non toutefois sans quelques réserves, comme caractéristique du groupement 2, 3, 4, 5-tétrahydro-β-carbolinique.

De plus notons que les spectres d'absorption dans l'ultra-violet de la cinchonamine et de la quinamine (1) sont tout à fait différents.

(1) $\begin{cases} \text{Max } 990\,\nu.10^{-12}(\log\varepsilon\ 3.3).1230\,\nu.10^{-12}(\log\varepsilon\ 4), \\ \text{Min } 1128\,\nu.10^{-12}(\log\varepsilon\ 2.6).1333\,\nu.10^{-12}(\log\varepsilon\ 3.7). \end{cases}$

MICROBIOLOGIE. — *De l'effet, étudié* in vitro, *des complexes antagonistes sur les produits pathologiques en provenance d'un foyer infectieux.* Note (*) de Mme **Marcelle Delaunay** et Mlle **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours d'une série de recherches poursuivies durant ces dernières années ([1]), G. Ramon et R. Richou ont montré que les cultures de germes antagonistes tels que *Penicillium notatum*, *Actinomyces griseus*, *Bacillus subtilis*, etc., peuvent recéler outre les principes *antibiotiques* bien connus, d'autres principes : antidotiques, virulicides, enzymatiques, etc., qui sont capables de jouer un rôle plus ou moins important dans la lutte contre l'infection. Aussi ont-ils donné aux extraits de ces cultures le nom générique de « complexes antagonistes » ([2]).

Il est d'usage pour se rendre compte *in vitro* de l'activité des substances antibiotiques, telles que la pénicilline, la streptomycine, etc., de les faire intervenir en proportions variables contre un germe isolé, par exemple, le staphylocoque, *Escherischia Coli*, etc., que l'on sème dans le milieu nutritif approprié.

En ce qui concerne les complexes antagonistes, il nous a semblé convenable et intéressant à la fois d'étudier leurs différentes propriétés sur les germes pathogènes inclus dans les produits pathologiques, en provenance du foyer infectieux. C'est ainsi que nous avons examiné, *in vitro*, l'effet d'un complexe antagoniste à base de streptomycine (filtrat sur bougie de porcelaine de culture d'*Actinomyces griseus*) ([3]) sur l'expectoration d'un malade atteint de bronchite aiguë. L'expectoration de ce malade était abondante. Sa nature purulente a été facilement mise en évidence par l'examen microscopique. Nous avons constaté ainsi la présence d'une flore microbienne variée constituée en majeure partie par des cocci divers, Gram positifs : staphylocoques, streptocoques, tétragènes, etc., et surtout pneumocoques ou pseudo-pneumocoques. Nous n'avons pas trouvé de bacilles de Koch. Cette flore était accompagnée de cellules épithéliales desquamées, d'un grand nombre de polynucléaires pour la plupart intacts

---

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 543, 801; 221, p. 213, 271; 222, 1946, p. 621; 772; 224, 1947, p. 82.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1407.

([3]) Ce complexe titrait 200 unités antibiotiques vis-à-vis du staphylocoque et 40 unités antidotiques à l'égard de la toxine staphylococcique. Il avait été formolé lors de sa préparation remontant à plusieurs mois à raison de 0,05 de formol pour 100^{cm^3} de camphre, puis chauffé à 55° durant 45 minutes, selon la formule générale de stabilisation des produits biologiques de Ramon.

et dont beaucoup renfermaient des microbes, le tout noyé dans une gangue de mucine, de fibrine et de protéine.

Une parcelle d'expectoration fraîchement émise et recueillie aseptiquement après avoir été déposée dans une boîte de Pétri stérile, a été dilacérée et additionnée de 9^{cm^3} d'eau physiologique, tous les soins étant pris pour obtenir une préparation assez homogène (préparation témoin). Une parcelle sensiblement identique à la première a été prélevée dans les mêmes conditions, mais après avoir été dilacérée elle a été additionnée d'un mélange renfermant 7^{cm^3} d'eau physiologique et 2^{cm^3} de complexe antagoniste.

Après nous être assurées, par des examens bactériologiques et cytologiques, que les deux préparations étaient comparables entre elles, nous les avons soumises à la température de 37°.

Au bout de quatre heures nous avons fait des prélèvements et de nouveaux examens. Alors que l'aspect microscopique de la préparation-témoin était le même qu'au début de l'expérience, il nous a été impossible d'identifier, à partir de la préparation renfermant le complexe, des figures normales de microbes ou de cellules. On reconnaissait ou plutôt on devinait par place des amas de microbes granuleux, informes et des cellules dont l'altération était très nette.

Après sept heures de séjour à l'étuve, le liquide témoin était au moins aussi trouble, sinon plus trouble qu'à l'origine ; le microscope y révélait des germes microbiens toujours plus nombreux et des cellules qui n'avaient subi aucune espèce d'altération. Par contre, le liquide additionné au préalable de complexe, était à peu près complètement éclairci ; microscopiquement, on n'y décelait plus guère trace ni de microbes, ni de cellules, non plus que de filaments de fibrine ou de traînées de mucine.

Une autre expérience, faite selon une technique analogue, nous a fourni des résultats identiques : après 20 heures de séjour à l'étuve, microbes, cellules, fibrine protéine avaient subi une lyse totale sous l'effet du complexe ajouté aux parcelles d'expectoration en suspension dans l'eau physiologique.

Conclusion. — Ainsi que l'ont signalé antérieurement G. Ramon et R. Richou, pour les complexes antagonistes en général ([3]), celui qui est retiré de la culture d'*Actinomyces griseus* se montre donc doué, *in vitro*, dans les conditions de nos expériences, et grâce à ses propriétés antibiotiques et enzymatiques en particulier, d'un pouvoir bactéricide et bactériolytique puissant vis-à-vis des germes contenus dans le produit pathologique examiné, en même temps qu'il est capable d'exercer une véritable lyse des cellules et des particules de fibrine, de protéine, de mucine que renferme ce produit. Cette désagrégation, cette lyse des substances et des cellules dans lesquelles les germes microbiens se trouvent

---

([3]) *Revue d'Immunologie*, 11, 1947, p. 197 ; *La Presse Médicale*, n° 53, 1948, p. 625.

inclus, favorisent l'action antibiotique du complexe antagoniste sur ces derniers (¹).

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 8 novembre 1948.)

Note présentée le 3 novembre 1948, de MM. *Pierre Anziani, André Aubry, Pierre Bourguignon* et *Raymond Cornubert*, Les cyclohexanones liquides substituées en α et α' constituent des mélanges de stéréoisomères en équilibre, mais celles substituées en β et β' se présentent en stéréoisomères distincts :

Page 944, ligne 26, *au lieu de* du type II_c, *lire* du type I_c.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1948.

Balistique d'un projectile gyroscopé, par Maurice Garnier. Extrait du *Mémorial de l'Artillerie française*, 1947, Fasc. I et III. Paris, Imprimerie nationale, 1948; 1 vol. $23^{cm},5$.

Institut international de chimie Solvay. Septième Conseil de chimie tenu à l'Université de Bruxelles, du 22 au 27 septembre 1947. *Les Isotopes. Rapports et discussions*, publiés par les Secrétaires du Conseil, sous les auspices de la Commission scientifique de l'Institut. Bruxelles, R. Stoops, 1948; 1 vol. $24^{cm},5$ (présenté par M. Delépine).

Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie, par Pierre-P. Grassé, T. XI. *Échinodermes, Stomocordés, Procordés*. Paris, Masson et Cie, 1948; 1 vol. 25^{cm}.

Institut royal colonial belge. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale.* — X. *Quelques espèces des genres* Albizzia *Durazz et* Cassia *L.* — *Sur des représentants des genres :* Dalbergia, Dichrastachys, Dolichos, Flemingia, Lœsenera, Lonchocarpus,

---

(¹) Ajoutons que le malade en question ici, atteint également d'asthme, a été soumis durant plusieurs jours à des inhalations du même complexe antagoniste, sous forme de pulvérisations liquides répétées à de nombreuses reprises chaque jour. Il n'en a ressenti aucune gêne respiratoire non plus qu'aucun trouble local ou général.

Mimosa, Parkia, Pentaclethra, Phaseolus, Pongamia, Psoralea, Pterocarpus, Tamarindus, *de la Famille des Léguminosacées*, par ÉMILE DE WILDEMAN, avec la collaboration de L. PYNAERT. Extraits des *Mémoires*. Tome XVII, fasc. 3 et 4. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1948; 2 vol. 24cm.

Technique et pratique de la télévision, par P. HÉMARDINQUER. Troisième édition. Paris, Dunod, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Problèmes de physiologie comparée. Déductions médicales, par LÉON BINET et FRANÇOIS BOURLIÈRE. Paris, Masson et Cie, 1948; 1 vol. 25cm.

Sciences d'aujourd'hui. *Géographie aérienne*, par EMMANUEL DE MARTONNE. Paris, Albin Michel, 1948; 1 vol. 19cm,5.

Mécanique ondulatoire du photon et Théorie quantique des champs, par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 vol. 25cm.

L'Observatoire astronomique de l'Université de Belgrade, par V. V. MICHKOVITCH, Belgrade, Imprimerie nationale du Royaume de Yougoslavie, 1939; 1 fasc. 20cm.

Nouvelle collection scientifique. *La science et l'espérance*, par JEAN PERRIN. Paris. Presses universitaires de France, 1948; 1 vol. 19cm,5.

Centre d'études mathématiques en vue des applications. B. *Méthodes de calculs*. — I, *Applications physiques de la transformation de Laplace*, par MAURICE PARODI. Paris, Centre national de la recherche scientifique. Dépositaire : Gauthier-Villars, 1948; 1 vol. 24cm.

Actualités scientifiques et industrielles. 1060. *Exposés d'embryologie et de morphologie végétales*. XI. *Embryogénie et classification*. Troisième fascicule : *Essai d'un système embryogénique*. (*Partie spéciale : Première période du système*), par RENÉ SOUÈGES. Paris, Hermann et Cie, 1948; 1 vol. 25cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. *L'effet coanda*, par ALBERT MÉTRAL et FRÉDÉRIC ZERNER. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'Aéronautique, 1948; 1 vol. 27cm (présenté par M. Jean Pérès).

Actualités scientifiques et industrielles. *La production et les applications du froid*, par AUGUSTIN BOUTARIC. Deuxième édition. Paris, J.-B. Baillière et Fils, 1948; 1 vol. 20cm,5.

Le cancer. Sa cause. Troubles et maladies qui le précèdent, par HENRI CHRÉTIEN. Deuxième édition. Paris, Librairie Maloine, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Revue générale de botanique. Extrait. *Le déficit de saturation hydrique chez les plantes sahariennes*, par CHARLES WILLIAM. Paris, Librairie générale de l'Enseignement, 1947; 1 fasc. 25cm.

Conditions édaphiques et réaction des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne, par CHARLES WILLIAM. Extrait des *Annales agronomiques*. Paris, Dunod, 1948; 1 fasc. 25cm.

(*à suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 8 DÉCEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **GASTON JULIA** est élu Vice-Président pour l'année 1949, par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **ÉMILE BOREL** et **GABRIEL BERTRAND**, par l'unanimité des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la concentration relative des étoiles doubles dans le plan de la Voie Lactée*. Note de M. **JEAN BOSLER**.

La fréquence relative des étoiles doubles dans la Voie Lactée a été depuis longtemps notée (1). Ainsi, l'on peut dire qu'en allant jusqu'à la magnitude limite du B. D., le voisinage du pôle de la Galaxie montre un couple de moins de 5″ de séparation sur 53 étoiles, alors que celui de l'équateur galactique en révèle un sur 37. Des constatations analogues ont été faites depuis à bien des reprises (2).

Ces statistiques ont donné lieu à une foule de conjectures. On pouvait les croire liées au processus même de la formation des étoiles doubles. Mais il n'y a sans doute là qu'une apparence due à l'imperfection de nos moyens d'observation.

Il existe, en effet, dans le plan de la Voie Lactée, de la matière absorbante (3), comme aussi chez presque toutes les nébuleuses extra-galactiques analogues à la nôtre. Cette matière offre deux aspects : 1° un milieu absorbant, partout répandu dans l'équateur galactique, quoique vraisemblablement plus dense au

---

(1) R. JONCKHEERE, *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, Londres, 1917, p. 21.
(2) R. G. AITKEN, *The binary stars*, New-York, 1918, D. C. Mc Murtrie, p. 258.
(3) H. MINEUR, *L'espace interstellaire*, Paris, 1947, passim.

centre du système et susceptible d'accroître les magnitudes stellaires d'environ $0^m,7$ par 1000 parsecs parcourus; 2° des masses nébulaires obscures, très vastes, çà et là disséminées, — les « coal sacks » ou « nébuleuses noires » de E.-E. Barnard —. Ces nuages, éloignés de nous de 100, 200 parsecs ou davantage, peuvent affaiblir l'éclat des étoiles de plusieurs magnitudes.

Or cette absorption fait que, dans le plan de la Voie Lactée, les étoiles d'une certaine magnitude apparente sont *réellement* plus brillantes qu'elles ne le seraient, toutes choses égales, hors de ce plan. Elles sont donc en moyenne plus près de nous et nous avons davantage de chances de les voir doubles. La table connue (4) des parallaxes moyennes par magnitude, montre en effet qu'un accroissement d'éclat d'*une* magnitude accroît la séparation d'environ la moitié de sa valeur (5). Un couple de $0'',2$, difficile avec un instrument donné, passe alors à $0'',3$ et devient facile. L'effet est, cela va de soi, beaucoup plus marqué si l'absorption a fait perdre, non pas une mais plusieurs magnitudes.

Les étoiles *d'une magnitude apparente donnée* ont ainsi plus de chances de nous apparaître doubles dans la Voie Lactée, où il y a des « coal sacks », que hors de celle-ci, où il n'y en a pas et où ces étoiles sont par suite plus lointaines.

Une statistique très frappante, établie jadis par M. R. Jonckheere (6), corrobore fortement, semble-t-il, tout ce qui précède. Elle révèle en effet que les couples stellaires sont particulièrement nombreux dans les régions telles que le Cygne, l'Aigle et le Sagittaire, très riches en étoiles *mais aussi en* « coal sacks ».

Les étoiles doubles visuelles sont certainement en général de faible éclat absolu : c'est ce qui résulte de leurs parallaxes (7). Mais à ceci s'ajoute, pour celles de la Voie Lactée, l'absorption du milieu interposé, qui tend à les faire apparaître abusivement concentrées dans ce plan.

Il y a donc lieu de penser que cette concentration tient aux conditions dans lesquelles nous observons les étoiles doubles plutôt qu'à celles qui leur ont donné naissance.

M. **Émile Borel** présente à l'Académie un Ouvrage de M. Paul Lévy, *Processus stochastiques et mouvement brownien*. Cet Ouvrage fait partie de la Collection de Monographies des probabilités, publiée sous sa direction, qui complète son *Traité du Calcul des probabilités et de ses applications*.

---

(4) H. N. Russell, R. S. Dugan, J. Q. Stewart, *Astronomy*, II, 2e édition, 1938, Boston, p. 665.

(5) Ainsi une étoile de 9^m apparente est, en moyenne, à 256 parsecs. Si l'absorption lui a fait perdre une grandeur, elle était en réalité de 8^m, donc, en moyenne, à 178 parsecs, ce qui la rend plus aisément dédoublable. — L'accroissement relatif de la séparation dépend peu de la magnitude apparente *initiale*.

(6) *Loc. cit.*, p. 18.

(7) R. Jonckheere, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 65.

M. **Jules Rouch** fait hommage du fascicule CVIII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco,* qui contient un Mémoire intitulé *Stations Hydrologiques des Campagnes scientifiques du Prince Albert Ier*, par lui-même.

PLIS CACHETÉS.

M. **Gabriel Bertrand** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 juillet 1944 et enregistré sous le n° 11.987.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient deux Notes intitulées : 1° *Sur le précipité formé au cours du vieillissement du sérum,* par M. Jacques Polonowski, Mlle Marguerite Faure et M. Michel Macheboeuf; 2° *Sur la turbidité aseptique des sérums et sur un moyen de l'éviter,* par M. Gabriel Bertrand. Ces deux Notes seront insérées dans les *Comptes rendus*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Pierre Dangeard** et **Louis Emberger** sont élus Correspondants pour la Section de Botanique, en remplacement de MM. *Émile De Wildeman* et *Ernest Pinoy*, décédés.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Marseille, pour la première ligne, M. *Charles Fehrenbach* obtient 32 suffrages, contre 3 à M. *David Belorizky*. Il y a un bulletin blanc et un bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *David Belorizky* obtient 26 suffrages, contre 3 à M. *Charles Bertaud*. Il y a 4 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............ M. **Charles Fehrenbach**.
En seconde ligne............ M. **David Belorizky**.

CORRESPONDANCE.

M. **André Debrie** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Flore des environs immédiats de Montpellier. Tome I. *La prospection phytopathologique,* par Georges Kuhnholtz-Lordat. Préface de Hervé Harant.

Tome II. *Les végétaux vasculaires et leurs parasites cryptogames*, par GEORGES KUHNHOLTZ-LORDAT et G. BLANCHET. Préface de GABRIEL ARNAUD (présenté par M. Roger Heim).

2° Faune de France. 49. *Lépidoptères homoneures*, par PIERRE VIETTE.

3° Encyclopédie biologique. XXX. *L'art de la taxidermie au* XXe *siècle*, par ROBERT DIDIER et ALBERT BOUDAREL.

4° Académie polonaise des Sciences et des Lettres. Centre polonais de Recherches scientifiques de Paris. Novembre 1948. N° 1. *Bulletin*.

5° Institut géographique national. État d'avancement des travaux au 1er janvier 1948 : 13 cartes de la France et des Colonies françaises.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le calcul des constructions*.

Note de Mme **PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Si les constructions jouent un grand rôle en mathématiques, qu'il s'agisse de constructions physiques ou géométriques (avec la règle ou le compas), ou de constructions de nombres ou d'ensembles, elles jouent dans les mathématiques du constructible, selon Émile Borel, Brouwer, Church, Turing, Griss ou van Dantzig, un rôle essentiel. Nous avons défini autrefois un calcul des constructions [1] analogue au calcul des problèmes défini par Kolmogoroff [2]; nous expliciterons ainsi les règles de ce calcul : en supposant connues les notions de « un », « deux », « au moins un », « pour chaque », « indépendant de », nous poserons :

CONCEPT 1. — *Construction à réaliser*. — (Elles seront notées a, b, c, ...).

CONCEPT 2. — *Construction réalisée* (ou *réussie*). — Une construction réalisée sera précédée du signe $\propto$; une construction fondamentale réalisée en vertu d'un postulat sera précédée de $\propto\propto$).

CONCEPT 3. — *Ramener une construction à une autre* ($a \supset b$ désigne la construction *ramener la construction de b à celle de a*).

POSTULAT 1. — *$a \supset b$ est une construction; si $\propto a$ et $\propto a \supset b$, on peut écrire $\propto b$.*

POSTULAT 2. — *Règle de substitution usuelle.*

POSTULAT 3. — *Deux constructions à réaliser a, b, seront considérées comme une seule dite* produit *$a \wedge b$. En outre, si $\propto a$ et $\propto b$ on a $\propto a \wedge b$ et inversement.*

POSTULAT 4. — *Sur les signes $\supset$ et $\wedge$ nous admettrons* : 1° *$a \supset a \wedge a$*; 2° *transitivité de* $\supset$; 3° *simplification de* $\wedge$; 4° *composition*; 5° *importation*; 6° *exportation* [3].

---

(1) P. DESTOUCHES-FÉVRIER, *Thèse complém. Doct. Sc. Math. Univer.*, Paris, 1945.

(2) *Math. Zeits.*, 35, 1932, p. 58-63.

(3) P. DESTOUCHES-FÉVRIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 38-39.

Postulat 5. — Réaliser au moins l'une des deux constructions a, b, *sera considéré comme une construction à réaliser, notée* $a \vee b$.

Postulat 6. — *Sur le signe* $\vee$ *nous admettrons* : 1° $a \vee a \supset a$; 2° *commutativité*; 3° $a \supset a \vee b$; 4° $a \supset c . \wedge . b \supset c : \supset : a \vee b \supset c$; 5° $a \supset c . \vee . b \supset c : \supset : a \wedge b \supset c$.

Postulat 7. — *Si une construction dépend d'une variable* x : 1° pour chaque x réaliser la construction $a(x)$ *est une construction à réaliser qu'on désigne par* $\forall x . a(x)$; 2° réaliser la construction $a(x)$ pour au moins une valeur de x *est une construction à réaliser qu'on désigne par* $\exists x . a(x)$.

Postulat 8. — 1° $\propto \propto \forall x . a(x) \supset a(y)$; 2° $\propto \propto a(x) \supset \exists y . a(y)$.

Postulat 9. — *Règles* : 1° $\propto a \supset b(x)$ *et* a indépendant de x *permettent d'écrire* $\propto a \supset \forall x . b(x)$; 2° $\propto a(x) \supset b$ *et* b indépendant de x *permettent d'écrire* $\propto \mathrm{E} x . a(x) \supset b$ (Ces règles font appel à *a indépendant de x* qui n'est pas une construction mais une proposition.

2. On vérifie que $a \equiv b =_d a \supset b . \wedge . b \supset a$ est une équivalence, que de P. 4, 4 et 7 résulte $b . \supset . a \supset b$, par suite que ce calcul est isomorphe au calcul minimal de Johansson ([4]) sans la négation. Une négation ne peut être définie dans un calcul de constructions parce qu'*une négation de construction* n'est pas une construction; le seul sens qu'on pourrait lui donner serait celui d'un énoncé exprimant que la construction ne peut réussir, mais il s'agit alors d'une proposition.

3. Pour qu'il y ait des constructions à réaliser il faut se placer dans le sein d'une théorie mathématique. Il faut donner : 1° des objets fondamentaux; 2° des énoncés fondamentaux vrais; 3° des constructions fondamentales réalisées; 4° des règles de définition; 5° des règles de raisonnement; 6° des règles de construction.

Dans une mathématique du constructible au sens strict, un objet (non fondamental) n'existe que par une construction; une démonstration ne se fait que par construction. Si $p(x)$ est une fonction propositionnelle, on doit alors introduire la construction $C[a; p(x)]$ signifiant « construire un a tel que $p(a)$ soit vrai ». On ne peut définir de négation au sens usuel, car $\neg p$ ou la contradiction $\emptyset$ exigent alors une construction, comme toute opération logique, et l'on ne sait en indiquer. Si l'on veut introduire une négation, il faut le faire à partir de $\emptyset$, introduit parmi les objets fondamentaux; on retombe alors sur la conception des mathématiques intuitionistes positives définies dans une Note antérieure ([5]) ou sur celle de Johansson ([4]), mais on ne peut accepter cette manière de faire dans une conception strictement constructive; dans celle-ci il n'y aura pas de négation (*a fortiori* pas de tiers exclu). Par contre, dans le calcul des problèmes on peut introduire une négation à partir de $\emptyset$ dans une conception non strictement constructive.

([4]) *Compositio Math.*, **4**, 1936, p. 119.

([5]) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1241-1243.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la dérivation dans les groupes abéliens localement compacts.* Note (*) de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous proposons d'énoncer ici certains résultats sur les fonctions de $\mathcal{D}$ et les distributions à supports compacts ([1]). Soit $\mathcal{R}(G)$ l'espace vectoriel des représentations continues de R dans G. Parmi toutes les topologies sur $\mathcal{R}(G)$ qui rendent continue l'application $r, t \to r(t)$ de $\mathcal{R}(G) \times R$ dans G, il en existe une *moins fine* que toutes les autres. C'est celle-ci que nous adopterons dans la suite. Si $f \in \mathcal{D}$, soit $\mathcal{R}_f$ le sous-espace vectoriel de $\mathcal{R}(G)$ formé des $r \in \mathcal{R}(G)$ telles que $d_r f = 0$ et soit H_f l'adhérence dans G de l'ensemble des $r(t)$, r décrivant $\mathcal{R}_f$ et t décrivant R. On a alors le

Théorème 1. — *$\mathcal{R}(G)$ est isomorphe à un produit topologique R^A; $\mathcal{R}_f$ est fermé dans $\mathcal{R}(G)$ et $\mathcal{R}(G)/\mathcal{R}_f$ est de dimension finie; f est constante sur les classes modulo H_f et, considérée comme fonction définie sur G/H_f, f est indéfiniment dérivable et à dérivées continues, l'espace vectoriel (topologique) $\mathcal{R}(G/H_f)$ étant isomorphe à $\mathcal{R}(G)/\mathcal{R}_f$.*

L'application $r \to d_r f(x)$ de $\mathcal{R}(G)$ dans R est, pour tout $f \in \mathcal{D}$ et tout $x \in G$, une forme linéaire continue. H_f est l'associé dans G d'un sous-groupe de $\hat{G}$ engendré par m éléments *indépendants* $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \ldots, \hat{x}_m$ (pour que $d_r f = 0$, il faut et il suffit que $\hat{r}(\hat{x}_i) = 0$ pour tout $i = 1, 2, \ldots, m$, $\hat{r}$ désignant la représentation de $\hat{G}$ dans R, duale de r) et m est la dimension de $\mathcal{R}(G)/\mathcal{R}_f$.

Par exemple, dans le cas où $G = T^L$, ce théorème signifie essentiellement que toute $f \in \mathcal{D}$ ne dépend que d'un *nombre fini* de coordonnées de $x = (x_\lambda)_{\lambda \in L}$. Comme second exemple, soit C la classe des fonctions presque périodiques sur K; si $\overline{R}$ est le groupe compact attaché à R, pour qu'une $f \in C$ puisse appartenir à l'espace $\mathcal{D}$ définie sur $\overline{R}$, il est nécessaire que le module des exposants de f ait une base finie.

On peut établir le théorème 1 à l'aide de la transformation de Fourier : si $f \in \mathcal{D}$, la transformée de Fourier de $d_r f$ est le produit par $-2i\pi\hat{r}(\hat{x})$ de la transformée de Fourier de f, d'où, d'après le théorème de Plancherel-Weil, $\|d_r f\|_2^2 = \int_G |d_r f(x)|^2\, dx = 4\pi^2 \int_{\hat{G}} \hat{r}(\hat{x})^2 |\mathcal{F} f|^2\, d\hat{x}$. D'autre part, on peut établir directement que $\mathcal{R}(G)$ est un R^A et que $r \to d_r f(x)$ est, puisque limite de fonctions continues sur $\mathcal{R}(G)$, une forme linéaire continue au moins sur tout produit partiel dénombrable de R^A, donc sur R^A, car elle ne peut alors dépendre que d'un nombre fini de coordonnées.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) Nous utilisons les notations introduites dans nos deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 644 et 809).

Ce théorème permet d'établir le

LEMME. — *Soient* $r_i \in \mathcal{R}(G)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$; *si* $f \in \mathcal{D}$ *et si* $D^\alpha f = 0$ *sur un compact* K *chaque fois que* $D^\alpha = d^{|\alpha|}_{r_1^{\alpha_1}, r_2^{\alpha_2}, \ldots, r_p^{\alpha_p}}$ *avec* $0 \leq |\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_p \leq N$, *alors, quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on peut trouver* $\varphi_\varepsilon \in \mathcal{E}$ *égale à* 1 *sur un voisinage de* K *et telle que* $|D^\alpha(f\varphi_\varepsilon)| \leq \varepsilon$ *pour tout* α *de la forme ci-dessus.*

Pour construire la fonction φ_ε, on adapte à G/H_f une méthode utilisée par L. Schwarz (²) dans le cas où $G = R^n$ et l'on peut prendre de plus $\varphi_\varepsilon \in \mathcal{D} \subset \mathcal{E}$. De ce lemme on déduit le :

THÉORÈME 2. — *Soit* T *une distribution à support compact* K. *Il existe un système fini* S *d'opérateurs de dérivation tel que si* $Df = 0$ *sur* K *pour tout* $D \in S$, *alors* $T(f) = 0$.

En particulier, si T est une distribution à *support ponctuel a*, alors $T(f) = \sum_{i=1}^{n} c_i D_i f(a)$, les c_i et les D_i *ne dépendent que de* T.

THÉORIE DES GROUPES. — *Autre généralisation de l'holomorphie dans un semi-groupe* (¹). Note (*) de M. **ROBERT CROISOT**, présentée par M. Élie Cartan.

A côté de Δ, il existe une image anti-isomorphe de D, $\overline{\Delta}$, semi-groupe des applications $\overline{\sigma}$ définies par $x \to xs$. On a aussi $\overline{\Delta} \subset A$ et l'on peut construire $\overline{K} = (G, \overline{\Delta})$. Les propriétés de $\overline{K}$ sont analogues aux propriétés de K. Notons seulement que $I_{\overline{K}} = I_K$ et que, dans la détermination des éléments de $C_{\overline{K}}$ de la forme $\overline{\sigma}\alpha$, on trouve que α doit être l'automorphisme intérieur *de première catégorie* associé à s. $\overline{K}$ peut être appelé *holomorphie à droite* de D.

Il est intéressant d'étudier simultanément K et $\overline{K}$. D'abord, on établit facilement le

THÉORÈME 1. — $K \subseteq \overline{K}$ *si et seulement si l'intérieur de* D, I_D, *coïncide avec* D. *Alors* $K = \overline{K}$.

Ceci a lieu, en particulier, si D est un groupe.

(²) Tous ces résultats, à l'exception visible du théorème 1, sont l'extension aux groupes abéliens localement compacts de résultats obtenus par L. Schwartz dans le cas de R^n, résultats qui paraîtront prochainement.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1134.

On peut vérifier les divers résultats, à l'aide des semi-groupes suivants, définis à l'aide des générateurs : 1° m, n avec $mn = nm$; 2° l, m avec $lm = ml^2$, $ml = l^2m$; 3° l, m, n avec $ml = l^2m$, $ml^2 = lm$, $nl^2 = ln$, $nl = l^2n$, $mn = nm$; 4° l, m, n avec $lm = nl$, $ln = ml$; 5° le même avec, en plus, $mn = nm$.

On a, d'une façon plus générale, $K \cap \overline{K} = (G, I_\Delta) = (G, I_{\overline{\Delta}})$.

Supposons qu'on n'ait pas $K = \overline{K}$ et envisageons la réunion complétée H de K et $\overline{K}$. On voit qu'elle est égale à $K\overline{K} = \overline{K}K$. Si D a un élément unité, tout élément de H est de la forme $\sigma_1 \overline{\sigma} \alpha$. Sinon, il est de l'une des formes α, $\sigma_1 \alpha$, $\overline{\sigma} \alpha$, $\sigma_1 \overline{\sigma} \alpha$. En général, ces représentations ne sont pas uniques. Cependant,

Théorème 2. — H *est un semi-groupe*.

Il suffit de montrer que H est simplifiable à droite.

D'abord,

$$(\alpha \sigma_1 \overline{\sigma})(\sigma_5 \overline{\sigma}_4 \alpha_2) = (\alpha_1 \sigma_3 \overline{\sigma}_2)(\sigma_5 \overline{\sigma}_4 \alpha_2) \quad \text{entraîne} \quad \alpha \sigma_1 \overline{\sigma} = \alpha_1 \sigma_3 \overline{\sigma}_2.$$

En effet, multiplions à droite par α_2^{-1} et à gauche par α^{-1}, d'où, avec $\beta = \alpha^{-1} \alpha_1$

$$\sigma_1 \overline{\sigma} \sigma_5 \overline{\sigma}_4 = \beta \sigma_3 \overline{\sigma}_2 \sigma_5 \overline{\sigma}_4.$$

Par la transformation du membre de gauche, un élément x de D devient $s_1 s_5 x s_4 s$ et, par celle du membre de droite, $s'_3 s'_5 x' s'_4 s'_2$ si l'on désigne par y' le transformé de y par β.

On a donc, pour tout x

$$s_1 s_5 x s_4 s = s'_3 s'_5 x' s'_4 s'_2.$$

On en déduit

$$(s_1 s_5 x s_4 s) z (s_1 s_5 x s_4 s) = (s'_3 s'_5 x' s'_4 s'_2) z (s'_3 s'_5 x' s'_4 s'_2),$$

et aussi

$$s_1 s_5 (x s_4 s z s_1 s_5 x) s_4 s = s'_3 s'_5 (x' s'_4 s' z' s'_1 s'_5 x') s'_4 s'_2.$$

D'où, en simplifiant $s'_2 z s'_3 = s' z' s'_1$, pour tout couple z, z' d'éléments de D se correspondant par β.

Appliquons aux deux membres l'automorphisme β^{-1} : $s_2 u s_3 = s u' s_1$ (avec $u' = z$).

De la même façon

$$(s_2 u s_3) v (s_2 u s_3) = (s u' s_1) v (s u' s_1)$$

et

$$s_2 (u s_3 v s_2 u) s_3 = s (u' s'_3 v' s'_2 u') s_1.$$

En simplifiant $s_1 v s = s'_3 v' s'_2$, pour tout couple v, v' d'éléments de D se correspondant par β. Mais, ceci n'est autre que la traduction de la relation

$$\sigma_1 \overline{\sigma} = \beta \sigma_3 \overline{\sigma}_2 \qquad \text{d'où} \quad \alpha \sigma_1 \overline{\sigma} = \alpha_1 \sigma_3 \overline{\sigma}_2.$$

La démonstration reste valable si certains des éléments s, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 disparaissent.

Définition. — H est appelé *holomorphie* de D.

Théorème 3 (démonstration immédiate). — G *appartient à l'intérieur* I_H *de* H *et tout automorphisme de* Δ (*ou* $\overline{\Delta}$) *est la restriction à* Δ (*ou* $\overline{\Delta}$) *d'un automorphisme intérieur de* H.

Si $I_D = D$ (et seulement dans ce cas), cette généralisation de l'holomorphie coïncide avec la précédente : $H = K$.

Les propriétés suivantes sont faciles à établir : K est unitaire dans H. Si D a un élément unité, Δ est unitaire dans H, Δ et K sont unitaires à gauche dans A. Si D n'a pas d'élément unité, Δ n'est pas unitaire dans H, car $\sigma = \varepsilon\sigma = \sigma\varepsilon$, mais cette exception est la seule.

La détermination précise de I_H conduit à un résultat intéressant. Il suffit de chercher quels sont les éléments de I_H de l'une des formes $\sigma_1\bar{\sigma}$, σ_1, $\bar{\sigma}$, car I_H est unitaire dans H.

$\sigma_1 \in I_H$ entraîne $\sigma_1\xi_1 = \xi_2\sigma_1$ a une solution en ξ_2 (en ξ_1) dans H pour tout $\xi_1 \in K$ (pour tout $\xi_2 \in K$). Cette solution est dans K puisque K est unitaire dans H. Donc, $\sigma_1 \in I$. D'autre part, σ_1 est permutable avec tout élément de $\bar{\Delta}$ et $H = (K, \bar{\Delta})$. La condition suffit et $\sigma_1 \in I_H$ équivaut à $\sigma_1 \in I_K$. De même, $\bar{\sigma} \in I_H$ équivaut à $\bar{\sigma} \in I_{\bar{K}} = I_K$.

Enfin, $\sigma_1\bar{\sigma} \in I_H$ entraîne $\sigma_1\bar{\sigma}\sigma_2 = \xi\sigma_1\bar{\sigma}$ a une solution en ξ dans H pour tout $\sigma_2 \in \Delta$, ce qui s'écrit : $\sigma_1\sigma_2\bar{\sigma} = \xi\sigma_1\bar{\sigma}$. D'où $\sigma_1\sigma_2 = \xi\sigma_1$. Alors, $\xi \in \Delta$. De même, $\sigma_1\xi = \sigma_2\sigma_1$ a une solution $\xi \in \Delta$, pour tout $\sigma_2 \in \Delta$. Donc, $\sigma_1 \in I_\Delta$. Et aussi, $\bar{\sigma} \in I_{\bar{\Delta}}$. Or, $s \in I_D$ entraîne $\bar{\sigma} = \sigma\alpha$, α étant l'automorphisme intérieur de deuxième catégorie associé à s. D'où $\sigma_1\bar{\sigma} = \sigma_1\sigma\alpha \in I_H$ équivaut à $\sigma_1\sigma \in I_H$, donc à $\sigma_1\sigma \in I_K$, donc à $\sigma_1\sigma\alpha \in I_K$, soit finalement à $\sigma_1\bar{\sigma} \in I_K$.

THÉORÈME 4. — *On a, en toute généralité :* $I_K = I_{\bar{K}} = I_H$.

Signalons encore les résultats suivants :

1° THÉORÈME 5. — *On a, entre les centres de* K, $\bar{K}$, H, *la relation*

$$C_H = C_K \cap C_{\bar{K}}.$$

2° En posant $Q = K \cap \bar{K}$, on a $I_Q = I_K$, $C_K \subseteq C_Q$, $C_{\bar{K}} \subseteq C_Q$ avec, en général, $C_Q \neq (C_K, C_{\bar{K}})$. Plus précisément, on a $C_Q = UC_K = UC_{\bar{K}}$, U étant le sous-groupe des éléments de G appartenant au centre C_G et conservant tout élément de I_D.

3° On a $C_\Delta = C_{\bar{\Delta}} = \Delta \cap \bar{\Delta}$, $\bar{\Delta} \cap K = I_{\bar{\Delta}}$, $\Delta \cap \bar{K} = I_\Delta$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les représentations des algèbres de Lie simples.* Note de M. CLAUDE CHEVALLEY, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un Note récente (¹) j'ai indiqué les grandes lignes d'une démonstration algébrique *a priori* de l'existence de représentations irréductibles d'une algèbre de Lie simple donnée ayant un poids dominant maximal donné. J'apprends qu'une autre démonstration du même théorème a été obtenue, simultanément et indépendamment, par M. Harish-Chandra, travaillant à l'*Institute for advanced Study*, à Princeton. La démonstration de M. Harish-Chandra fournit en même temps une borne supérieure pour le degré des représentations irréductibles en question.

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1136-1138.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Variation du défaut d'Ahlfors avec l'origine du plan des z.* Note (*) de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note récente ([1]) M. D. Dugué a montré que le défaut de Nevanlinna peut dépendre de l'origine choisie dans le plan des z. M. Valiron ([2]), reprenant la question, a donné des conditions suffisantes pour que le défaut soit conservé dans un changement d'origine. L'objet de la présente Note est de montrer que des remarques analogues peuvent être faites à propos du défaut d'Ahlfors.

Soient $f(z)$, une fonction méromorphe pour $z \neq \infty$, $W(r)$ la surface de Riemann décrite par $w = f(z)$ quand $|z| \leqq r$, $\pi S(r)$ l'aire de $W(r)$; $n(r, D)$ la somme des multiplicités des disques de $W(r)$ sur un domaine simplement connexe D de la sphère de Riemann, $\delta(D) = 1 - \overline{\lim}_{r=\infty}[n(r, D)/S(r)]$, le défaut de D. Nous appellerons $f_1(z)$ la fonction $f(z-a)$, et nous affecterons de l'indice 1 les quantités relatives à cette fonction.

1. Le défaut d'Ahlfors d'une valeur w ou d'un domaine D peut ne pas être le même pour $f(z)$ et pour $f(z-a)$. Prenons par exemple la fonction déjà considérée par M. Dugué : $f(z) = (e^{2i\pi e^z} - 1)/(e^{2i\pi e^{-z}} - 1)$. Elle possède les propriétés suivantes

$$n(r, 0) = n(r, \infty), \qquad \lim_{r=\infty} \frac{n_1(r, 0)}{n_1(r, \infty)} = e^{2\mathcal{R}a}, \qquad \overline{\lim} \frac{N(r, 0)}{T(r)} \geqq \frac{1}{2}.$$

Or, $\overline{\lim}[n(r, 0)/S(r)] \geqq \overline{\lim}[N(r, 0)/T(r)]$. Donc $\delta(0) = \delta(\infty) \leqq 1/2$. D'autre part, $[1-\delta_1(0)]/[1-\delta_1(\infty)] = e^{2\mathcal{R}a}$; par suite, si $\mathcal{R}a \neq 0$, on ne peut avoir à la fois $\delta(0) = \delta_1(0)$ et $\delta(\infty) = \delta_1(\infty)$.

Cette variation du défaut se produit non seulement pour des valeurs complexes, mais aussi pour des domaines. Soit en effet le domaine sphérique D correspondant au cercle $|w| \leqq k$. Les zéros de $f(z)$, qui sont les points $z = \log m + i\pi n$ (m entier > 1, n entier quelconque), sont contenus dans des domaines Δ dont l'image par f est D.

Ces domaines sont tous bornés et ne contiennent qu'un zéro de $f(z)$ dès que k est assez petit (pour $k < \log[2/16\pi]$, les domaines Δ sont intérieurs aux cercles $|z - \log m - i\pi n| \ll 4k/\pi m$). Chacun d'eux donne donc un disque simple sur D, pour r assez grand, et par suite $n(r, D)$ est asymptotiquement égal à $n(r, 0)$. On voit de même que $n_1(r, D) \sim n_1(r, 0)$, et que, si D' est le domaine sphérique correspondant à $|w| \geqq 1/k$, $n(r, D') \sim n(r, \infty)$,

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 555.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 556.

$n_1(r, D') \sim n_1(r, \infty)$. Donc $\delta(D)=\delta(0)$, $\delta_1(D)=\delta_1(0)$, $\delta(D')=\delta(\infty)$, $\delta_1(D')=\delta_1(\infty)$. Pour $\mathcal{R}a \neq 0$, l'un des défauts $\delta(D)$ ou $\delta(D')$ au moins varie.

2. Si $r > |a|$, on a

$$W(r-|a|) \subset W_1(r) \subset W(r+|a|),$$

donc

$$(1) \qquad n(r-|a|, D) \leqq n_1(r, D) \leqq n(r+|a|, D) \quad \text{pour tout } D,$$

et

$$(2) \qquad S(r-|a|) \leqq S_1(r) \leqq S(r+|a|).$$

Le défaut sera donc invariant si

$$(3) \qquad \lim_{r=\infty} \frac{S(r+|a|)}{S(r)} = 1.$$

Il suffit que cette condition soit vérifiée pour $|a|=1$.

On définira alors un défaut régularisé en remplaçant $S(r)$ par une fonction régularisante $U(r)=r^{\rho(r)}$, telle que $S(r) \leqq U(r)$, $\overline{\lim}_{r=\infty}[S(r)/U(r)]=1$, et (si f est d'ordre fini ρ) que $\lim_{r=\infty} \rho(r)=\rho$, $\lim_{r=\infty} \rho'(r) r \log r = 0$. On posera

$$\bar{\delta}(w) = 1 - \overline{\lim}_{r=\infty} \frac{n(r, D)}{U(r)};$$

ce défaut sera invariant dans tout changement d'origine.

3. La fonction $S(r)$ n'étant pas convexe, l'inégalité

$$\rho' = \underline{\lim} \frac{\log S(r)}{\log r} > \rho - 1 \qquad (\text{où } \rho \text{ est l'ordre de } f(z))$$

ne semble pas entraîner d'elle-même l'inégalité (3). Cette dernière exprime d'ailleurs une condition plus restrictive que la condition analogue donnée pour le défaut de Nevanlinna par M. Valiron. Elle entraîne donc l'invariance des deux défauts.

Remarquons enfin que, si l'on pose avec MM. Dinghas et Dufresnoy [3]

$$N(r, D) = \int_0^r \frac{n(t, D)}{t}\, dt,$$

on peut définir un défaut de Nevanlinna d'un domaine D. Ce défaut présente les particularités signalées dans les Notes de M. Dugué et de M. Valiron.

---

[3] *Voir* A. Dinghas, *Math. Zeits.*, **44**, 1939, p. 568, et J. Dufresnoy, *Sur les domaines couverts par les valeurs d'une fonction méromorphe ou algébroïde* (*Thèse*, Paris, 1941 et *Annales de l'École Normale*, 58, 1941, p. 179).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la réoscillation de voisinage des fonctions de variables réelles.* Note de M. **Alexandre Froda**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soient $f(\mathrm{P})$ une fonction à n variables réelles, définie dans l'intervalle Δ; $\omega_0(f, \mathfrak{T})$ *l'oscillation de voisinage de* $f(\mathrm{P})$ *en* $\mathfrak{T}$, où

$$\omega_0(f, \mathfrak{T}) = \mathrm{M}_0(f, \mathfrak{T}) - m_0(f, \mathfrak{T});$$

$\mathrm{M}_0(f, \mathfrak{T})$ et $m_0(f, \mathfrak{T})$ les maximum et minimum de $f(\mathrm{P})$ au point $\mathfrak{T}$, lorsqu'on néglige la valeur de $f(\mathrm{P})$ au point $\mathfrak{T}$; α un nombre ordinal transfini des classes I ou II de Cantor. On définit, par itération transfinie de l'opération $\omega_0(f, \mathfrak{T})$, *l'oscillation de voisinage* $\omega_0^\alpha(f, \mathrm{P})$ *d'ordre* α *en* $\mathfrak{T}$, en posant $\omega_0^\alpha(f, \mathfrak{T}) = \omega_0[\omega_0^{\alpha-1}, \mathfrak{T}]$ à partir de $\omega_0^0(f, \mathfrak{T}) \equiv \omega_0(f, \mathfrak{T})$, pour α de première espèce, $\omega_0^\alpha(f, \mathfrak{T}) = \overline{\lim}\, \omega_0^{\alpha'}(f, \mathfrak{T})$ pour $\alpha = \lim \alpha'$, où $\alpha' < \alpha$ et α de seconde espèce, *le symbole* $\overline{\lim}$ désignant une quelconque des limites. On prouve l'existence d'une limite unique.

I. *Pour* $f(\mathrm{P})$ *donnée, il existe un* $\bar{\alpha}$, *tel que* $\omega_0^\alpha(f, \mathrm{P}) = \omega_0^{\alpha+1}(f, \mathrm{P})$ *pour tout* $\alpha \geqq \bar{\alpha}$ *et tout* P *de* Δ, *tandis que pour tout* $\alpha < \bar{\alpha}$, $\omega_0^\alpha(f, \mathrm{P}_\alpha) > \omega_0^{\alpha+1}(f, \mathrm{P}_\alpha)$, *en au moins un point* P_α *de* Δ. On appelle *réoscillation de voisinage de* $f(\mathrm{P})$, la fonction $\omega_0^{\bar{\alpha}}(f, \mathrm{P})$.

La démonstration, à l'aide du principe de récurrence transfinie [1], est fondée sur cette suite de propriétés : 1° $m_0(\mathrm{D}_0, \mathrm{P}) \leqq 0$ (du moins si f est bornée), $m_0(d_0, \mathrm{P}) \leqq 0$, où $\mathrm{D}_0(\mathrm{P}) = \mathrm{M}_0(\mathrm{P}) - f(\mathrm{P})$, $d_0(\mathrm{P}) = f(\mathrm{P}) - m_0(\mathrm{P})$; 2° lorsque $f(\mathrm{P})$ est semi-continue supérieurement, $m_0(\omega_0, \mathrm{P}) = 0$; 3° si $f(\mathrm{P}) = \lim f_i(\mathrm{P})$, $f_i(\mathrm{P}) \geqq f_{i+1}(\mathrm{P})$ et $m_0(f_i, \mathrm{P}) = 0$ $(i = 1, 2, 3, \ldots)$, il s'ensuit $m_0(f, \mathrm{P}) = 0$; 4° $\omega_0^\alpha(f, \mathrm{P})$ est semi-continue supérieurement et $\omega_0^{\alpha'} \geqq \omega_0^\alpha$, pour $\alpha' < \alpha$; 5° pour $\alpha \geqq 1$, $m_0(\omega_0^\alpha, \mathrm{P}) = 0$, $\omega_0^{\alpha+1}(\mathrm{P}) = \mathrm{M}_0(\omega_0^\alpha, \mathrm{P})$, et $\mathrm{E}[\omega_0^\alpha(\mathrm{P}) > \omega_0^{\alpha+1}(\mathrm{P})]$ est un ensemble fini ou dénombrable; 6° posons $\mathrm{E}_\alpha^{\mathrm{K}} = \mathrm{E}[\omega_0^\alpha > \mathrm{K}]$, $\overline{\mathrm{E}}_\alpha^{\mathrm{K}} = \mathrm{E}[\omega_0^\alpha \geqq \mathrm{K}]$, $\mathrm{K} > 0$. Pour α de première espèce $\mathrm{E}_\alpha^{\mathrm{K}} < (\mathrm{E}_{\alpha-1}^{\mathrm{K}})' < (\overline{\mathrm{E}}_{\alpha-1}^{\mathrm{K}})' < \overline{\mathrm{E}}_\alpha^{\mathrm{K}}$ (l'accent supérieur indique ici le dérivé) et pour $(\alpha' < \alpha) \lim \alpha' = \alpha$ de second espèce, $\mathrm{E}_\alpha^{\mathrm{K}} < \lim_{\alpha'} \mathrm{E}_{\alpha'}^{\mathrm{K}} < \lim_{\alpha'} \overline{\mathrm{E}}_{\alpha'}^{\mathrm{K}} < \overline{\mathrm{E}}_\alpha^{\mathrm{K}}$; 7° une fonction $\varphi(\mathrm{P})$ est *de classe* Γ_d, lorsque ses valeurs appartiennent à l'ensemble H_d des points de cotes $\pm md$, $d > 0$, $m = 0, 1, 2, \ldots$. Si $\varphi(\mathrm{P})$ est de classe Γ_d toutes les $\omega_0^\alpha(\varphi, \mathrm{P})$ sont de classe Γ_d; 8° pour K appartenant à $c\mathrm{H}_d$, $\mathrm{E}_\alpha^{\mathrm{K}} = (\mathrm{E}_{\alpha-1}^{\mathrm{K}})'$, si α est de première espèce et $\mathrm{E}_\alpha^{\mathrm{K}} = \lim_{\alpha'} \mathrm{E}_{\alpha'}^{\mathrm{K}}$ pour $(\alpha' < \alpha) \lim \alpha' = \alpha$ de seconde espèce; 9° la proposition (I) est valable pour les fonctions $\varphi(\mathrm{P})$ de classe Γ_d et s'étend aux $f(\mathrm{P})$ quelconques.

---

(1) *Cf.* Arnaud Denjoy, *L'énumération transfinie*, Paris, 1946, p. 85.

L'on remarque qu'on a $E_\alpha < E_0^{(\alpha)}$, où $E_0 = E[\omega_0 > 0]$, $E_\alpha = E(\omega_0 > 0)$, $E_0^{(\alpha)}$ est le dérivé d'ordre α de E_0.

II. *On peut construire effectivement des fonctions $f(P)$, dont la réoscillation est une oscillation d'ordre α donné.*

Construction par étapes : On définit d'abord une famille de fonctions $\varphi_\alpha(P, \Delta)$, *attachées* à un intervalle Δ donné et telles que $0 \leqq \varphi_\alpha(P) \leqq 1$, $\omega_0^\alpha(\varphi_\alpha, P) = 0$ en tout point P de Δ et $\omega_0^{\alpha'}(\varphi_\alpha, P_{\alpha'}) > 0$, en au moins un point $P_{\alpha'}$ de Δ, pour $\alpha' < \alpha$. L'on pose ensuite $f_\alpha(P) = 1$ sur π, parfait non dense et $f_\alpha(P) = \varphi_\alpha(P, \Delta')$ en tout Δ' contigu à π. Il résulte $\omega_0^\alpha(f_\alpha, P) = \omega_0^{\alpha+1}(f_\alpha, P)$ en tout P de Δ et $\omega_0^\alpha(f_\alpha, P_{\alpha'}) > \omega_0^{\alpha+1}(f_\alpha, P_{\alpha'})$ en au moins un point $P_{\alpha'}$ de Δ, pour $\alpha' < \alpha$.

Les définitions et résultats ci-dessus s'étendent, en restant valables, dans les cas suivants : *a.* les fonctions sont définies sur un ensemble parfait; *b.* les oscillations sont définies, en négligeant les valeurs de $f(P)$ sur les ensembles-support appartenant à une certaine classe additive A d'ensembles.

TOPOLOGIE. — *Sur les singularités d'une forme de Pfaff analytique complètement intégrable.* Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'espace linéaire complexe C^n à n dimensions considérons une forme de Pfaff ω admettant (au voisinage de 0) un développement en série entière

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_p + \ldots,$$

où ω_p désigne une forme dans C^n dont les coefficients sont des polynomes homogènes de degré p par rapport aux coordonnées canoniques $(x_i, i = 1, \ldots, n)$ de C^n (à coefficients complexes).

Dans la suite nous supposons que

a. $n \geqq 3$ et la matrice (a_{ij}) des coefficients de ω_1 (donc $\omega_1 = a_{ij} x_i\, dx_j$) est de rang n.

b. La forme ω est complètement intégrable.

Les hypothèses *a* et *b* entraînent que la matrice (a_{ij}) est symétrique [1], donc après un changement de base éventuel dans C^n on peut supposer que

c. $$\omega_1 = x_1\, dx_1 + \ldots + x_n\, dx_n.$$

Par ce choix d'une base, C^n devient un espace euclidien avec la forme fondamentale $x_1^2 + \ldots + x_n^2$.

Soit Ψ l'application du produit topologique $\Sigma_{n-1} \times C$ (où C est la droite complexe, et Σ_{n-1} la sphère des vecteurs unitaires réels de C^n) dans C^n définie

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Cf.* G. Reeb, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 847, propriété 1.

par $\Psi(\rho, \vec{u}) = \rho\vec{u}$ où $\rho \in C$ et $\vec{u} \in \Sigma_{n-1}$; nous désignerons les composantes de $\vec{u}$ par u_i. Soit Ψ^* l'application transposée de Ψ; la forme $\tilde{\omega}$ [définie par $\tilde{\omega} = \Psi^*(\omega)/\rho$ si $\rho \neq 0$ et $\tilde{\omega} = (1/2)d\rho$ si $\rho = 0$] est analytique, complètement intégrable (sans singularités), et admet la sphère Σ'_{n-1} (définie par $\rho = 0$) comme variété intégrale. On en conclut que les variétés intégrales de $\tilde{\omega} = 0$ (au voisinage de Σ'_{n-1}) peuvent être représentées par une équation du type ([2]) $\Phi = f(\vec{u}, \rho_0)$ [avec $f(\vec{u}_0, \rho_0) = \rho_0$ et où f est holomorphe]; d'où résulte l'existence d'une intégrale première holomorphe $\Phi(\rho, \vec{u})$ de $\tilde{\omega} = 0$, dont le développement en série entière suivant les puissances de ρ commence par ρ^2); on peut d'ailleurs supposer, en remplaçant éventuellement Φ par $(1/2)[\Phi(\rho, \vec{u}) + \Phi(-\rho, -\vec{u})]$, que Φ est invariant par la transformation $\rho \to -\rho$, $\vec{u} \to -\vec{u}$, laquelle transformation laisse invariante $\tilde{\omega} = 0$.

Soit Σ_1 un grand cercle de Σ_{n-1} et soit $\Sigma_1 \times C$ le sous-espace correspondant de $\Sigma_{n-1} \times C$, et désignons par θ l'angle polaire d'un point de Σ_1. Soient $\tilde{\omega}'$ et Φ' les restrictions de $\tilde{\omega}$ et Φ à $\Sigma_1 \times C$; il est clair que Φ' est une intégrale première de $\tilde{\omega}' = 0$, et que de plus Φ' est fonction périodique de θ. Il résulte de la théorie classique des centres ([3]) que le coefficient Φ'_p de ρ^p dans le développement de Φ' est un polynome de degré p et homogène en $\cos\theta$ et $\sin\theta$. D'autre part Φ'_p est la restriction à $\Sigma_1 \times C$ du coefficient Φ_p de ρ^p dans le développement de Φ. On peut donc interpréter Φ_p comme une fonction dans R^n dont la restriction à tout sous-espace R^2 est un polynome homogène de degré p, d'où résulte que Φ_p est un polynome homogène de degré p en u_i.

Conséquence. — *L'équation $\omega = 0$ admet une intégrale première holomorphe Ψ dont le développement en série entière au voisinage de* 0 *commence par* $x_1^2 + \ldots + x_n^2$.

En particulier, si ω est une forme analytique réelle définie dans l'espace numérique R^n, et satisfaisant aux conditions a et b, elle admettra au voisinage de 0 une *intégrale première réelle* $\tilde{\Phi}$, dont le développement en série entière commence par une *forme quadratique non dégénérée* de signature quelconque.

Pour vérifier que la théorie de la Note ([3]) s'applique à notre cas (un peu plus général), nous remarquons que $\rho\tilde{\omega}'$ admet le développement

$$\rho\tilde{\omega}' = \frac{1}{2}\rho\, d\rho + \rho^2\omega_2^* + \ldots + \rho^p\omega_p^* + \ldots,$$

où dans ω_p^* le coefficient de $d\rho$ est un polynome homogène de degré $p+1$ en $\cos\theta$ et $\sin\theta$

([2]) *Cf.* G. Reeb, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1613-1614; théorème 2 et complément au théorème 2.

([3]) *Cf.* Chazy, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 7-10.

et celui de $d\theta$ un polynome homogène de degré p; de plus dans ω_2^* le coefficient de $d\theta$ est nul. Écrivant que $d\Phi' \wedge \bar{\omega}' = 0$, on a, en annulant le coefficient de ρ^p,

$$\frac{\partial \Phi'_p}{\partial \theta} = \mathrm{H}_p(\theta), \tag{1}$$

où $\mathrm{H}_p(\theta)$ est un polynome homogène de degré p en $\cos\theta$ et $\sin\theta$ (si l'on suppose déjà démontré que $\Phi'_2, \ldots, \Phi'_{p-1}$ sont des polynomes homogènes du degré de leurs indices). On déduit facilement de (1), compte tenu de la propriété de symétrie de Φ'_p, que Φ'_p est un polynome homogène de degré p en $\cos\theta$ et $\sin\theta$; car sinon Φ'_p contiendrait un terme séculaire en θ et par suite ne serait pas périodique en θ.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'équivalence des formes différentielles extérieures quadratiques à quatre variables.* Note (*) M. **Yen Chih-Ta**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans la Note précédente [1] j'ai étudié le problème d'équivalence des formes différentielles extérieures quadratiques à quatre variables suivant une méthode suggérée essentiellement à l'auteur par M. Ehresmann. Là on se sert d'une forme de Pfaff invariante θ associée à la forme donnée Ω. Nous avons déjà traité le cas où $d\theta$ n'est pas dégénérée. Maintenant nous allons considérer un cas que nous n'avons pas étudié et qui ne manque pas d'intérêt, c'est le cas où $d\theta$ est *dégénérée*. Nous supposons d'ailleurs $[\theta d\theta] \neq 0$, puisque dans le cas contraire on sait [1] qu'il existe un groupe infini de transformations qui laisse Ω invariant.

D'abord nous remarquons que l'on peut réduire les formes Ω, θ et $d\theta$ aux *formes normales* suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} \Omega &= [\omega^1\omega^2] + [\omega^3\omega^4], \\ d\theta &= [\omega^1\omega^3], \\ \theta &= \omega^2. \end{aligned}\right. \tag{1}$$

On trouve que ω^3 est *une forme invariante* qui n'est autre chose que la forme définie par $[\omega^3\Omega] = -[\theta d\theta]$. Les ω'^s dans (1) ne sont pas déterminés d'une façon unique. En effet, ils sont déterminés à une transformation linéaire près, à savoir

$$\left\{\begin{aligned} &\bar{\omega}^2 = \omega^2, && \bar{\omega}^3 = \omega^3, \\ &\bar{\omega}^1 = \omega^1 + \mu\omega^3, && \bar{\omega}^4 = -\mu\omega^2 + \beta\omega^3 + \omega^4. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Nous appellerons *éléments intégraux principaux* les éléments intégraux définis par les équations $\omega^2 = 0$, $\omega^3 = 0$ et *plans caractéristiques* les plans intégraux définis par $\omega^1 = 0$, $\omega^3 = 0$.

Ceci posé, nous allons étudier la condition pour que l'on puisse définir

---

(*) Séance du 28 novembre 1948.

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 817-819.

quatre formes invariantes. Deux cas sont particulièrement intéressants à considérer.

Cas I. — *Le champ d'éléments intégraux principaux n'est pas complètement intégrable.*

Cas II. — *Le champ d'éléments intégraux principaux est complètement intégrable, mais le champ défini par $\omega^3 = 0$ n'est pas complètement intégrable.*

Avec la méthode déjà employée dans la Note citée plus haut, nous obtenons, en tenant compte des relations (1), *les équations de structure*

$$d\omega^i = T^i_{jk}[\omega^j \omega^k] \qquad (i, j, k = 1, 2, \ldots, 4. \tag{3}$$

Dans le cas I les T's sont nuls sauf

$$T^2_{13} = 1,\ T^1_{13}.\ T^1_{12},\ T^1_{23},\ T^1_{34},\ T^3_{14},\ T^4_{13},\ T^4_{23},\ T^4_{34},\ T^4_{24}$$
$$T^3_{23} = T^1_{12},\ T^4_{12} = -T^3_{13}, \qquad \text{avec} \quad T^1_{34} + T^1_{12} + T^4_{24} = 1.$$

Ici l'on trouve *huit invariants fondamentaux.*

Dans le cas II les T's sont nuls, sauf

$$T^2_{13} = 1,\ T^1_{14},\ T^1_{32},\ T^1_{34},\ T^3_{13},\ T^4_{13},\ T^4_{23},\ T^4_{34},\ T^4_{14} = -T^3_{13}$$
$$T^3_{12} = -T^3_{34} = T^1_{14} \qquad \text{et} \qquad T^4_{24} = 1 - T^1_{34}.$$

On trouve donc *sept invariants fondamentaux.*

Il est facile de voir que dans chacun des deux cas traités la forme Ω *n'admet au plus qu'un groupe de Lie à quatre paramètres.* Ici se présente un résultat curieux. Dans le cas I, qui est à un certain point de vue le plus général, il existe effectivement une forme Ω admettant un groupe à quatre paramètres défini nécessairement par les équations de structure ou les équations de Maurer-Cartan, à savoir

$$\left\{\begin{aligned} d\omega^2 &= [\omega^1 \omega^3], \\ d\omega^3 &= A[\omega^1 \omega^7], \\ d\omega^1 &= [\omega^3 \omega^4], \\ d\omega^4 &= C[\omega^1 \omega^3], \end{aligned}\right. \tag{4}$$

où A, C sont constants et $A \neq 0$. Réciproquement un groupe de ce type est le plus grand groupe laissant invariante une certaine forme Ω.

Dans le cas II, Ω *n'admet aucun groupe à quatre paramètres.*

On remarque que le groupe G défini par (4) possède un sous-groupe invariant f_1 à un paramètre (à savoir $\omega^1 = 0$, $\omega^3 = 0$, $\omega^4 = 0$) et le groupe quotient G/f_1 est isomorphe au groupe *simple* à trois paramètres si $C \neq 0$.

Avec les résultat obtenus dans cette Note et dans la Note précédente, on a finalement le théorème suivant que l'on peut démontrer en le vérifiant dans les différents cas possibles.

Théorème. — *Lorsque le groupe qui laisse invariante une forme différentielle quadratique extérieure à quatre variables est un groupe de Lie à un nombre fini de paramètres, ce groupe admet au plus quatre paramètres.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un résultat assez inattendu d'arithmétique des lois de probabilité.* Note (*) de MM. **Ronald Aylmer Fisher** et **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

On connaît les travaux de MM. Paul Lévy, Cramer et Raikoff sur la décomposition des variables aléatoires en somme de variables indépendantes ([1]).

Dans le second mémoire M. Paul Lévy énonce comme très vraisemblable le résultat suivant établi depuis par M. H. Cramer :

Une variable de Gauss ne peut être décomposée en somme de deux variables indépendantes que si ces dernières sont des variables de Gauss.

Ce même résultat a été établi pour les lois de Poisson par MM. Paul Lévy et Raikoff. Un exemple donné en 1941 par un des auteurs de cette Note montre que ce théorème ne peut être étendu à toutes les lois stables, en particulier à la loi de Cauchy. En relation avec ce théorème fondamental, on pouvait se poser la question suivante :

Deux variables aléatoires étant données, dont aucune ne peut être décomposée en deux variables indépendantes dont l'une obéit à la loi de Gauss (ou de Poisson), leur somme peut-elle être décomposée en deux variables aléatoires indépendantes dont l'une obéit à la loi de Gauss (ou de Poisson).

MM. Paul Lévy et D. Dugué ont donné des exemples pour la loi de Poisson de décompositions de cette nature.

Le but de la présente Note est de donner un exemple pour la loi de Gauss.

Soient deux variables indépendantes toutes deux de même fonction caractéristique

$$e^{-\frac{t^2}{2\alpha^2}}\left[\frac{2}{5}\cos 2t+\frac{4}{5}\cos t-\frac{1}{5}\right].$$

Leur loi de probabilité élémentaire est

$$\frac{1}{5}\left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x+2)^2\alpha^2}{2}}+\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-2)^2\alpha^2}{2}}\right]$$
$$+\frac{2}{5}\left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x+1)^2\alpha^2}{2}}+\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-1)^2\alpha^2}{2}}\right]-\frac{1}{5}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x^2\alpha^2}{2}}.$$

Si α est tel que $e^{-(\alpha^2/2)}=u$ satisfasse à l'égalité

$$2u^4+4u=1,$$

la loi de probabilité élémentaire s'annule pour $x=0$ et par conséquent aucune des deux variables aléatoires obéissant à cette loi de probabilité ne peut être décomposée en deux variables indépendantes dont l'une est de Gauss.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *Voir* en particulier P. Lévy, *Ann. Ec. Norm. Sup.*, 1937, p. 231; *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1935, p. 347; 1938, p. 17.

Leur somme a pour fonction caractéristique

$$e^{-\frac{t^2}{\alpha^2}}\left[\frac{2}{25}\cos 4t+\frac{8}{25}\cos 3t+\frac{4}{25}\cos 2t+\frac{11}{25}\right].$$

Cette somme peut donc être décomposée en une variable de Gauss d'écart type $\sqrt{2}/\alpha$ et une variable discontinue prenant les valeurs -4 et $+4$ avec la probabilité $1/25$, -3 et $+3$ avec la probabilité $4/25$, -2 et $+2$ avec la probabilité $2/25$ et 0 avec la probabilité $11/25$.

Il est facile de généraliser cet exemple : la fonction caractéristique

$$e^{-\frac{t^2}{2\alpha^2}}[a\cos 2t+b\cos t-c] \qquad (a,\ b,\ c>0)$$

a la même propriété avec u racine de $au^2+bu=c$ et $b^2>4ac$ $a>c$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines classes de fonctions aléatoires.* Note (*) de MM. **Jean Bass** et **Lucien Le Cam**, présentée par M. Henri Villat.

Notations et hypothèses. — $K(t, s)$ est une fonction en général complexe, bornée, intégrable par rapport à s, deux fois dérivable par rapport à t. K^* est l'imaginaire conjugué de K.

$\theta(\lambda)$ est une fonction de répartition dont les moments M_1, M_2, ... sont finis jusqu'au second ordre au moins. $\xi(s)$ est un processus aléatoire à accroissements *orthogonaux* dépendant d'une loi de Poisson-Khintchine [1]

$$\overline{\exp[i\alpha\,\xi(s)]}=\exp\left[s\int_{-\infty}^{\infty}(e^{i\lambda\alpha}-1)\,d\theta(\lambda)\right].$$

On se propose d'étudier la fonction aléatoire $X(t)=\int_{t_0}^{t}K(t,s)\,d\xi(s)$, et en même temps les fonctions aléatoires $X'(t)=\int_{t_0}^{t}K'_t(t,s)\,d\xi(s)$, $X''(t)=\int_{t_0}^{t}K''_{t^2}(t,s)\,d\xi(s)$.

Théorème 1. — *Si $t'\geq t$, $X(t)$ a pour covariance*

$$\Gamma(t,t')=M_2\int_{t_0}^{t}K(t,s)\,K^*(t',s)\,ds. \tag{1}$$

Corollaire. — *Pour que $X(t)$ soit dérivable m. q., il faut et il suffit que $K(t,t)\equiv 0$. Dans ce cas, $X'(t)$ est la dérivée m. q. de $X(t)$.* (Conséquence du théorème de M. Loève et du calcul de la dérivée seconde généralisée de Γ.) ***Pour que $X(t)$ soit deux fois dérivable m. q., il faut en outre que $K'_t(t,s)$ s'annule pour $s=t$.***

(*) Séance du 29 novembre 1948.

[1] On peut généraliser le résultat en ajoutant à $\xi(s)$ une variable laplacienne indépendante.

THÉORÈME 2. — *Pour que* $X(t)$ *constitue un processus simple de Markoff, il faut et il suffit que* $K(t, s)$ *soit de la forme* $a(t)\,b(s)$.

Ceci résulte de ce que $X(t)$ doit alors vérifier une équation différentielle stochastique ([2]) de la forme $dX(t) = X(t)\,dA(t) + B(t)\,d\xi(t)$.

Cas particulier. — Si $K(t, s) = K(t-s)$, la condition de dérivabilité m. q. est $K(0) = 0$, et la condition pour que $X(t)$ constitue un processus de Markoff est $K(t, s) = \exp[\omega(t-s)]$, ω constante complexe.

Dans ce cas, pour que $X(t)$ soit stationnaire du second ordre, il faut et il suffit que t_0 soit infini.

THÉORÈME 3. — *Soit* $\varphi(\alpha, \beta, t)$ *la fonction caractéristique de* $X(t)$, $X'(t)$. *Si les* $d\xi(s)$ *sont indépendants,*

$$\text{(2)}\quad \frac{\partial\varphi}{\partial t} - \alpha\frac{\partial\varphi}{\partial\beta} = \varphi\left\{\int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\left[e^{i\lambda[\alpha K(t,t)+\beta K'_t(t,t)]} - 1 - i\lambda\beta\int_{t_0}^{t} K''_{t^2}(t, s)\,e^{i\lambda[\alpha K(t,s)+\beta K'_t(t,s)]}\,ds\right]\right\}.$$

Ce théorème résulte du calcul de φ. On trouve

$$\text{(3)}\qquad \log\varphi = \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\int_{t_0}^{t}\left[e^{i\lambda[\alpha K(t,s)+\beta K'_t(t,s)]} - 1\right]ds.$$

COROLLAIRE. — *Si* $G(X, X')$ *est une fonction bornée admettant des dérivées* $\partial G/\partial X$, $\partial G/\partial X'$, *bornées,*

$$\text{(4)}\quad \frac{d}{dt}\overline{G} = \overline{X'\frac{\partial G}{\partial X}} + \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\Bigg[\overline{G\big(X+\lambda K(t,t),\, X'+\lambda K'_t(t,t)\big)} - \overline{G(X, X')} + \int_{t_0}^{t} K''_{t^2}(t, s)\,ds\,\frac{\partial}{\partial X'}\overline{G\big(X+\lambda K(t,s),\, X'+\lambda K'_t(t,s)\big)}\Bigg].$$

THÉORÈME 4. — *Si* A *désigne la moyenne liée de* X'', *une fois connues les valeurs* x, x' *de* X, X', *l'équation* (4) *s'écrit*

$$\text{(5)}\quad \frac{d}{dt}\overline{G} = \overline{X'\frac{\partial G}{\partial X}} + \overline{A\frac{\partial G}{\partial X'}} + \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\left[\overline{G\big(X+\lambda K(t,t),\, X'+\lambda K'_t(t,t)\big)} - \overline{G(X, X')}\right].$$

Remarques. — 1° Si le couple X, X' admet une densité de probabilité $f(x, u, t)$,

$$\text{(6)}\quad \frac{\partial f}{\partial t} + u\frac{\partial f}{\partial x} = \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\Bigg[f\big(x-\lambda K(t,t),\, u-\lambda K'_t(t,t)\big) - f(x, u) - \frac{\partial}{\partial u}\int_{t_0}^{t} f\big(x-\lambda K(t,s),\, u-\lambda K'_t(t,s)\big)K''_{t^2}(t, s)\,ds\Bigg].$$

Cette équation s'écrit aussi

$$\text{(7)}\quad \frac{\partial f}{\partial t} + u\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial u}(Af) = \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda)\left[f\big(x-\lambda K(t,t),\, u-\lambda K'_t(t,t)\big) - f(x, u)\right].$$

([2]) Sur les équations différentielles stochastiques, *voir* P. LÉVY, *Processus stochastiques et mouvement brownien*. Paris, 1948.

car

$$Af(x, u) = \int_{-\infty}^{\infty} d\theta(\lambda) \int_{t_0}^{t} K''_{s^2}(t, s) f[x - \lambda K(t, s), u - \lambda K'_t(t, s)]\, ds.$$

2° Si $X(t)$ est deux fois dérivable, X' et X'' en représentent les deux premières dérivées. $K(t, t)$ et $K'_t(t, t)$ sont identiquement nuls. (5) se réduit à l'équation comme [3]

$$\frac{d}{dt}\overline{G} = \overline{X'\frac{\partial G}{\partial X}} + \overline{A\frac{\partial G}{\partial X'}}. \tag{8}$$

3° Dans le cas général, $X(t)$ constitue un exemple remarquable de fonction aléatoire qui peut, dans certaines circonstances, présenter les diverses particularités les plus connues, et conduire aux différents types d'équations fonctionnelles dont la théorie générale a été exposée précédemment [4].

S'il se trouve que A soit une fonction connue de X, X' (ce qui impose à $K(t, s)$ des conditions restrictives, d'ailleurs compliquées), et que X soit dérivable ($K(t, t) = 0$), les équations (5) ou (8) conduisent à associer au point aléatoire d'abscisse $X(t)$ une hydrodynamique et une thermodynamique.

MÉCANIQUE VIBRATOIRE. — *Sur quelques problèmes d'oscillations.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Je vais compléter sur deux points une étude antérieure.

I. Dans l'étude des petits mouvements périodiques d'un fil homogène, pesant, flexible et inextensible, suspendu par ses extrémités [1], nous avons rencontré le problème suivant : Trouver la condition à laquelle doivent satisfaire les fonctions a, b, c, d de la variable x, pour que l'équation différentielle

$$y''' = ay'' + by' + cy + d$$

admette une solution nulle ainsi que sa dérivée première pour $x = x_0$ et $x = x_1 = x_0 + h$.

Il est possible d'écrire toute dérivée de la fonction y sous la forme

$$y^{(n)} = a_n y'' + b_n y' + c_n y + d_n,$$

et les fonctions a_n, b_n, c_n, d_n sont obtenues par récurrence. Admettant que la formule de Taylor s'applique, et laissant de côté la question de convergence, on déduit

$$y(x_0 + h) = y''_0 P(x_0, h) + y'_0 Q(x_0\, h) + y_0 R(x_0, h) + S(x_0, h).$$

(3) E. Arnous, J. Bass et D. Massignon, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 627.

(4) J. Bass, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1120.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1242.

Cette relation peut être écrite directement, car la solution générale de l'équation proposée dépend linéairement de trois constantes arbitraires, qui sont par exemple les valeurs de y, y', y'' pour $x = x_0$. Le procédé qui vient d'être indiqué donne un moyen de former effectivement les fonctions P, Q, R, S.

Dans le problème proposé, y_0 et y'_0 sont nuls

$$y\,(x_0 + h) = y''_0 \mathrm{P}\,(x_0,\, h) + \mathrm{S}\,(x_0,\, h),$$
$$y'_0(x_0 + h) = y''_0 \mathrm{P}'_h(x_0,\, h) + \mathrm{S}'_h(x_0,\, h).$$

La dernière relation est obtenue par dérivation par rapport à h de la relation précédente. Pour avoir la condition cherchée, nous éliminons y''_0 entre ces deux relations :

$$\mathrm{P}(x_0,\, h)\, \mathrm{S}'_h(x_0,\, h) - \mathrm{P}'_h(x_0,\, h)\, \mathrm{S}(x_0,\, h) = 0.$$

Dans l'étude des petits mouvements périodiques d'un câble suspendu par ses extrémités, la relation ainsi formée est l'équation aux pulsations propres.

L'étude de la convergence des séries P, Q, R, S permettrait de connaître le nombre des termes à calculer pour avoir une précision suffisante. On peut appliquer les principes de la méthode précédente à de nombreux problèmes. On forme ainsi, par exemple, l'équation aux exposants caractéristiques des équations linéaires et homogènes à coefficients périodiques.

II. Comme suite à une Note précédente ([2]) sur les systèmes vibrant avec amortissement, nous allons former une expression intéressante en suivant la méthode analytique qui conduit au théorème des forces vives ou à l'intégrale de Painlevé en partant des équations de Lagrange, pour un système élastique dépendant d'un nombre fini de paramètres.

Désignons par $2\mathrm{T}$ la force vive du système proposé, par V le potentiel des forces, élastiques ou non, et par $2\mathrm{F}$ la fonction de dissipation. Multipliant par q'_k la $k^{\text{ième}}$ équation de Lagrange et faisant la somme de tous les produits obtenus, quand on tient compte de ce que $2\mathrm{T}$ et $2\mathrm{F}$ sont des formes quadratiques homogènes en q'_k, on trouve une relation qui, intégrée entre deux instants t_0, t_1, s'écrit :

$$[\mathrm{T} + \mathrm{V}]_0^1 + 2\int_{t_0}^{t_1} \mathrm{F}\, dt = 0.$$

Si nous supposons maintenant que les trois formes quadratiques T, F, V sont à coefficients constants, ce qui est le cas usuel, le système des équations de Lagrange possède des solutions de la forme $q_k = \mathrm{A}_k e^{rt}$, le facteur r et les A_k désignant des constantes. Tenant compte à nouveau de l'homogénéité des formes quadratiques, et appliquant la relation précédente, nous trouvons l'équation

$$r^2\mathrm{T}(\mathrm{A}_k) + r\,\mathrm{F}(\mathrm{A}_k) + \mathrm{V}(\mathrm{A}_k) = 0,$$

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1882.

après suppression du facteur $e^{2rt_1} - e^{2rt_0}$ qui n'est pas identiquement nul. Telle est la relation que nous voulions établir.

Nous avons l'équation en r si les A_k sont connus.

En particulier, si le système élastique possède un seul degré de liberté, l'équation en r est entièrement déterminée; sinon, il faut recourir aux équations de Lagrange.

Nous reportant à la Note précitée, nous en retrouvons les équations (4) en écrivant que la fonction r des variables A_k définie par l'équation ci-dessus est extrema, ce qui souligne l'intérêt de l'expression figurant au premier membre de la dernière équation.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le hachage d'une onde corpusculaire.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'onde ψ_1 associée à un corpuscule unique tombe sur la face négative d'un écran parfaitement absorbant $x_4 = 0$ percé d'une ouverture O variable en fonction du temps; cette opération de diffraction-hachage équivaut dans l'Univers à la diffraction produite par l'ouverture O dans l'écran tridimensionnel $x_1 = a$ [1]. Posons $\psi_1(0, x_2, x_3, t) \equiv F_1(x_2, x_3, t)$ et admettons que la fonction F_2 limitée par O soit développable en intégrale de Fourier suivant

$$(1) \qquad F_2(x_2, x_3, t) = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_{-\infty}^{+\infty} \xi(p^2, p^3, W)\, e^{-\frac{2\pi i}{h}(p^2x_2 + p^3x_3 - Wt)}\, dp^2\, dp^3\, dW,$$

$$(2) \qquad \xi(p^2, p^3, W) = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_0 F_1(x_2, x_3, t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(p^2x_2 + p^3x_3 - Wt)}\, dx_2\, dx_3\, dt;$$

en posant $x_4 = ict$, $p^4 = iW/c \equiv icm$, $i\xi/c = \zeta$, l'on peut mettre les développements précédents sous la forme minkowskienne [2]

$$(3) \qquad F_2(x_2, x_3, x_4) = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_{-\infty}^{+\infty} \zeta(p^2, p^3, p^4)\, e^{-\frac{2\pi i}{h}(p^2x_2 + p^3x_3 + p^4x_4)}\, dp^2\, dp^3\, dp^4,$$

$$(4) \qquad \zeta(p^2, p^3, p^4) = -h^{-\frac{3}{2}} \iiint_0 F_1(x_2, x_3, x_4)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(p^2x_2 + p^3x_3 + p^4x_4)}\, dx_2\, dx_3\, dx_4.$$

Si m_0 désigne la masse propre du corpuscule, à tout ensemble des variables réelles p^2, p^3, m correspond une double détermination de la variable

$$(5) \qquad p^1 = \pm\sqrt{-c^2m_0^2 - (p^2)^2 - (p^3)^2 + c^2m^2},$$

qui est soit réelle, soit imaginaire pure. Supposons par exemple que le corpuscule, ayant le spin 1/2, obéisse aux équations de Dirac; si p_+^i et p_-^i

---

[1] *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 724.

[2] Noter le signe — qui s'introduit dans l'une des formules (3) et (4).

désignent les deux déterminations du quadrivecteur (éventuellement symbolique) p^i d'après (5), la fonction

$$(6)\quad \psi_2(x^i) = h^{-\frac{3}{2}} \iiint_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \eta_+(p^2, p^3, p^4)\, e^{-\frac{2\pi i}{h} p_+^i x_i} + \eta_-(p^2, p^3, p^4)\, e^{-\frac{2\pi i}{h} p_-^i x_i} \right\} dp^2\, dp^3\, dp^4$$

est solution des équations de Dirac, que p^1 soit réelle ou imaginaire pure. D'autre part, la démonstration d'après laquelle deux des quatre amplitudes de l'onde plane sont arbitraires (3) vaut tout aussi bien en variables x_i et p complexes, et elle permet de voir que les quatre équations

$$(7)\qquad \eta_+ + \eta_- = \zeta$$

sont résolubles en η de manière univoque. Finalement, (6) est une forme générale de l'onde émergente, développée suivant des ondes planes et pseudo-planes qui doivent toutes être conservées pour former un système complet; elles se répartissent en six familles, dont l'existence physique est ainsi démontrée, et que l'expérience décrite permet en principe d'étudier; en effet, une première distinction se fait suivant le signe de p^1, et l'on dira, *par convention*, que les ondes p_+^i sont transmises et les ondes p_-^i réfléchies. La seconde distinction résulte de la valeur de cm relativement à la double valeur $\pm a$ du radical $\sqrt{c^2 m_0^2 + (p^2)^2 + (p^3)^2}$: pour $cm \geqq + a$ et $cm \leqq - a$, on a des ondes planes à énergie respectivement positive et négative, et pour $-a < cm < +a$, on a des ondes évanescentes pour des valeurs non nulles de x_1 (4).

Les intensités relatives de ces six familles d'ondes, c'est-à-dire les probabilités pour que l'électron reparaisse dans la famille correspondante, sont fournies par les six intégrales (5)

$$(8)\qquad \iiint \eta_+^{\pm} \gamma^0 \gamma^1 \eta_+\, dp^2\, dp^3\, dp^4, \qquad \iiint \eta_-^{\pm} \gamma^0 \gamma^1 \eta_-\, dp^2\, dp^3\, dp^4,$$

étendues aux trois régions du domaine p^2, p^3, p^4 dont il vient d'être question; en les ajoutant, et en tenant compte de l'orthogonalité des fonctions η_+ et η_-, il vient

$$(9)\qquad \iiint_{-\infty}^{+\infty} \zeta^+ \gamma^0 \gamma^1 \zeta\, dp^2\, dp^3\, dp^4 = 1;$$

en effet, si l'on sait que l'électron a franchi l'ouverture O, cette intégrale se

(3) L. DE BROGLIE, *L'électron magnétique*, p. 162, Paris, 1934; *voir* aussi p. 282.

(4) Pour ces ondes évanescentes, le quadri-courant de présence reste naturellement du genre temps; la démonstration classique touchant ce quadri-courant dans les ondes planes (*L'électron magnétique*, p. 164) n'a plus de signification si p^1 est imaginaire.

(5) Ici et dans ce qui suit, il faut tenir compte de notre définition généralisée du produit scalaire hermitien et de ses conséquences (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626).

ramène à la manière habituelle (⁶) à l'intégrale

$$\iiint_0 \psi^+ \gamma^0 \gamma^1 \psi \, dx_2 dx_3 dx_4 = 1; \qquad (10)$$

γ^0 et γ^1 désignent les matrices habituelles de la théorie de Dirac (¹), (⁵), $\psi^+ \ldots$ les matrices adjointes de $\psi \ldots$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de la pulvérisation par étincelle des solutions électrolytiques.* Note de M. **Pierre Barret**, présentée par M. Gustave Ribaud.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que, si le gaz alimentant un brûleur traverse une enceinte dans laquelle une étincelle électrique éclate entre la surface d'une solution saline et une électrode extérieure au liquide, la flamme du brûleur émet le spectre des ions métalliques en solution, dans le cas seulement où cette électrode est anode. En effet, seule, l'étincelle anodique a la propriété d'arracher de la surface liquide un fin brouillard que le courant gazeux entraîne dans la flamme; seule également, elle émet le spectre des éléments contenus dans la solution [2]. Ce fait est attribué par P. Jolibois [3] aux gouttelettes pulvérisées qui s'introduisent dans l'étincelle. D'ailleurs, ce spectre est nettement moins intense dans le cas d'une étincelle condensée, quoique la pulvérisation soit aussi active.

Cette Note a pour objet d'apporter quelques précisions sur un caractère apparemment fondamental du phénomène à partir duquel il m'a été possible de mettre au point un mode pratique de formation d'aérosols présentant certaines propriétés intéressantes [4]. En effet, dans l'exemple suivant, les expériences portent sur 2^{cm^3} de solution de NaCl à 10 % contenus dans une cuve cylindrique en verre de 22^{mm} de diamètre. La puissance électrique utilisée est d'une quinzaine de watts; la cathode plonge dans la solution, tandis que la pointe de l'électrode positive est maintenue à 5^{mm} au dessus de la surface. On détermine d'abord le temps nécessaire à la pulvérisation complète du liquide; la moyenne des mesures donne 65 minutes. Ensuite, on introduit dans la solution une mèche en matière poreuse isolante, par exemple en verre fritté, qui absorbe le liquide par capillarité; l'étincelle, dont la longueur et les caractéristiques sont les mêmes que dans le cas précédent, éclate entre l'anode et l'extrémité de cette tige poreuse qui dépasse légèrement la surface liquide.

(⁶) L. de Broglie, *La théorie de la quantification dans la nouvelle mécanique*, p. 166.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 470.

(²) E. Becquerel, *Comptes rendus*, 66, 1868, p. 121.

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 400.

(⁴) *C. R. S. I. M.*, 185, Marseille, novembre 1948.

2^{cm^3} de la solution de NaCl à 10 % sont alors pulvérisés en 15 minutes seulement.

L'origine de ce fort accroissement de la pulvérisation dont l'intensité est multipliée par quatre dans l'exemple précédent, est précisée par l'expérience suivante : la cathode pénètre dans une goutte de la même solution étendue sur une lame de verre; la pointe de l'anode est amenée au contact de la lame de verre à quelques millimètres du bord de la couche liquide; l'étincelle éclate tangentiellement à la plaque de verre en y adhérant, surtout à proximité du liquide, où elle s'étale et se subdivise en un grand nombre de courtes ramifications qui rongent le bord de la couche mince de solution en émettant le spectre des éléments qui y sont contenus. La pulvérisation est aussi intense que dans le cas de la mèche poreuse. Les gouttelettes sont projetées à l'intérieur d'un angle solide de faible ouverture dont l'axe est normal à la plaque de verre, donc perpendiculaire à la direction de l'étincelle.

En plaçant la pointe de l'anode à 5^{mm} au-dessus de la couche liquide, on observe de nouveau une pulvérisation peu intense comme dans le cas où l'étincelle éclatait directement sur la surface de la solution en l'absence de mèche poreuse. Mais il arrive un moment où la dépression causée par le choc de l'étincelle sur la surface liquide est assez profonde pour découvrir la lame de verre; il se forme dans la couche mince de solution une trouée circulaire dans laquelle l'étincelle s'étale sur la plaque de verre, de telle sorte que le processus décrit plus haut se renouvelle avec une recrudescence de la pulvérisation.

Dans tous les cas, le contact entre l'étincelle anodique et la solution s'établit par l'intermédiaire de courtes ramifications tangentes à la surface liquide quelle que soit la direction du trait de feu principal. Leur étalement sur une plaque de verre ou sur un matériau poreux paraît simplement favoriser leur action. Les expériences rapportées dans cette Note, ainsi que d'autres dont la description ne peut y trouver place, montrent en outre que les gouttelettes sont toujours projetées perpendiculairement à ces ramifications. Comme d'autre part, l'étincelle cathodique en est dépourvue, il paraît logique d'attribuer à ces ramifications un rôle essentiel dans le mécanisme de la pulvérisation.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la réduction de la distorsion de phase dans les étages à circuits couplés.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié le problème de la réduction de la distorsion de phase dans un amplificateur à circuits décalés. Nous nous

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 675-677.

proposons ici d'étudier de manière analogue le cas d'un étage à circuits résonnants couplés.

Nous désignerons par e la tension injectée en série au primaire, par E la tension aux bornes de la capacité secondaire, par L_1, r_1, C_1 respectivement la self, la résistance série et la capacité primaires, par L_2, r_2, C_2 les constantes homologues du secondaire, par M le coefficient de mutuelle induction. Nous nous limiterons au cas où la fréquence d'accord ω_0 est la même pour les deux circuits. Nous introduirons pour alléger les formules la fréquence réduite $x = (\omega/\omega_0)$, les surtensions à la résonance $Q_1 = (\omega_0 L_1/r_1)$ et $Q_2 = (\omega_0 L_2/r_2)$, et le coefficient de couplage $k = (M/\sqrt{L_1 L_2})$.

Le gain complexe G d'un tel quadripôle est donné par la formule :

$$(1)\qquad G = \frac{E}{e} = -\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}\,\frac{kQ_1Q_2}{1 + k^2Q_1Q_2x^2 - Q_1Q_2\left(x - \frac{1}{x}\right)^2 + j\left(x - \frac{1}{x}\right)(Q_1 + Q_2)}.$$

On en déduit le déphasage entre la sortie et l'entrée

$$\varphi = \operatorname{arctg}\frac{(Q_1 + Q_2)\left(x - \frac{1}{x}\right)}{1 + k^2Q_1Q_2x^2 - Q_1Q_2\left(x - \frac{1}{x}\right)^2}.$$

En posant $x = 1 + u$, et en développant en série autour de $u = 0$, on obtient

$$\varphi = \frac{2(Q_1 + Q_2)}{1 + k^2Q_1Q_2}(u + bu^2 + cu^3 + \ldots),$$

avec

$$b = -\frac{1}{2} - \frac{2k^2Q_1Q_2}{1 + k^2Q_1Q_2},$$

$$c = \frac{1}{2} + \frac{4Q_1Q_2}{1 + k^2Q_1Q_2} + \frac{4k^4Q_1^2Q_2^2}{(1 + k^2Q_1Q_2)^2} - \frac{4}{3}\,\frac{(Q_1 + Q_2)^2}{(1 + k^2Q_1Q_2)^2}.$$

Il n'est pas possible d'annuler le terme de second degré. Par contre, le terme de troisième ordre peut être annulé par un choix convenable du coefficient de couplage. Lorsque les surtensions sont élevées, on peut ne retenir dans l'expression de c que les termes prépondérants, soit

$$c \neq \frac{4Q_1Q_2}{1 + k^2Q_1Q_2} - \frac{4}{3}\,\frac{(Q_1 + Q_2)^2}{(1 + k^2Q_1Q_2)^2}.$$

Ce coefficient s'annule pour la valeur de k donnée par la formule

$$(2)\qquad k = \frac{1}{\sqrt{3Q_1Q_2}}\sqrt{\frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_2}{Q_1} - 1}.$$

Le couplage ainsi déterminé est toujours plus lâche que le couplage transi-

tionnel pour lequel

$$k = \frac{1}{\sqrt{2 Q_1 Q_2}} \sqrt{\frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_2}{Q_1}}.$$

Il en résulte que la courbe d'amplitude est arrondie au sommet, conformément à une règle générale établie antérieurement ([2]).

Lorsque les surtensions primaire et secondaire sont égales, on obtient, d'après (2),

$$k = \frac{1}{\sqrt{3 Q_1 Q_2}} = \frac{k_c}{\sqrt{3}},$$

k_c étant le couplage critique.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Extension de la méthode des composantes symétriques à l'étude d'un régime quelconque : Méthode des transformées symétriques.* Note (*) de M. **Gilbert Nasse**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la méthode des composantes symétriques, utilisée dans l'étude des propriétés des réseaux polyphasés de structure symétrique, prend un aspect particulièrement clair lorsque l'on transforme le problème électrotechnique initial en un problème de géométrie par la superposition de deux abstractions : la représentation de Fresnel qui fait correspondre aux grandeurs sinusoïdales des vecteurs ou nombres du plan complexe et le concept de l'espace vectoriel qui fait considérer les différents vecteurs, image de grandeurs sinusoïdales de même nature physique comme les composantes d'un vecteur unique de l'espace vectoriel. Dans ce domaine de représentation, un réseau polyphasé à n phases comportant $n+1$ bornes se comporte comme un opérateur de connexion reliant le vecteur $\mathcal{J}$, image des courants au vecteur $\mathfrak{U}$, image des tensions suivant la relation : $\mathfrak{U} = \mathfrak{Z}\mathcal{J}$. La méthode des composantes symétriques de l'électrotechnique s'identifie au changement de coordonnées qui, substituant aux vecteurs coordonnés initiaux les vecteurs solutions propres de l'opérateur $\mathfrak{Z}$, ramène la matrice de cet opérateur à la forme diagonale.

On peut se demander s'il est possible de sortir du cadre limité du régime sinusoïdal permanent et d'étendre ces méthodes à l'étude des régimes quelconques. Il suffit pour cela de substituer à la représentation de Fresnel une autre abstraction plus générale sous réserve que les images de la réalité, ainsi obtenues, appartiennent au plan complexe et soient susceptibles, de ce fait, de servir de support au concept des vecteurs de l'espace vectoriel affine. La transformation de Laplace satisfait à ces conditions : les transformées des

---

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 187-188.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

tensions ou des courants, fonctions de la variable complexe p, peuvent être considérées comme les composantes d'un vecteur transformé des tensions ou des courants. Le système différentiel, vectoriel ou algébrique qui représente le comportement d'un réseau polyphasé de structure symétrique en fonction : des tensions et des courants réels, des vecteurs images de ces grandeurs en régime sinusoïdal, ou des transformées de ces tensions et de ces courants, ne dépend que de n éléments distincts qui occupent par permutations circulaires les n^2 places dans les n lignes du système précité.

F. Raymond a montré que, dans ce cas, le polynome caractéristique de l'opérateur $\mathfrak{Z}$ prend la forme

$$f(\lambda)=[\lambda-(A+B+C+\ldots+N)][\lambda-(A+aB+a^2C+\ldots+a^{n-1}N)]\ldots \times[\lambda-(A+a^{n-1}B+a^{2(n-1)}C+\ldots+a^{(n-1)^2}N)],$$

où A, B, C, ..., N représentent les n éléments et a la racine $n^{\text{ième}}$ de l'unité. D'autre part, les vecteurs solutions propres ν_{p_i} sont définis à un multiple près par la relation

$$(\lambda_i-Z)\nu_{p_i}=0,$$

où λ_i est une racine de $f(\lambda)=0$ et Z la matrice de l'opérateur $\mathfrak{Z}$ dans le système initial de coordonnées. En explicitant, on constate que les vecteurs ν_{p_i} sont indépendants de la nature des éléments A, B, ..., N et qu'ils dépendent seulement de la loi de distribution de ces n éléments dans la matrice Z.

Les directions des vecteurs V_{pi} sont donc *les mêmes* soit que les éléments A, B, ..., N appartiennent à un système d'équations vectorielles (régime sinusoïdal), soit qu'ils appartiennent au système algébrique transformé du système différentiel. Par conséquent, la transformation linéaire qui assure par un changement de coordonnées la réduction de la matrice Z à la forme diagonale *est la même* que la première abstraction, soit la représentation de Fresnel ou la transformation de Laplace. Dans ce dernier cas, les matrices supplémentaires introduites par les conditions initiales ont la même structure de permutation circulaire, et la même transformation linéaire les ramène à la forme diagonale en même temps que la matrice principale.

Cette transformation linéaire est la transformation de Fortescue de l'électrotechnique. Appliquée aux transformées des tensions et des courants d'un réseau de structure symétrique, elle conduit à la notion de *transformées symétriques* qui permet de simplifier les équations représentant le fonctionnement du réseau en régime quelconque. Le système algébrique initial se transforme en n équations distinctes lorsque l'on passe des transformées aux tranformées symétriques.

SPECTROSCOPIE. — *Emploi des spectres des gaz rares comprimés comme source d'émission continue.* Note (*) de MM. **Charles Weniger** et **Louis Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que les gaz rares, surtout à poids atomique élevé, émettent des spectres continus plus ou moins intenses suivant les conditions expérimentales employées. Leur origine semble complexe et les facteurs qui les favorisent sont souvent mal définis. C'est ainsi que M. Laporte obtient des spectres continus très intenses en excitant le xénon, par exemple, sous une pression de l'ordre de 3^{cm} de mercure, par une décharge condensée ([1]). Il est également possible d'observer le spectre continu de ce même gaz, avec une grande intensité par rapport au spectre d'arc, en utilisant, au contraire, une faible densité de courant ([2]).

Le moyen le plus sûr et, peut-être, le plus commode pour augmenter le fond continu de l'émission est d'accroître la pression du gaz rare ([3]). C'est en généralisant ce principe que nous avons mis au point une lampe à krypton comprimé ([4]).

Sa construction est très simple et peut aisément être réalisée au laboratoire. Elle se compose essentiellement d'un tube en *Pyrex* à paroi épaisse de petites dimensions et terminé par deux tubes capillaires. Ceux-ci sont traversés par deux fils de tungstène qui forment les électrodes à l'intérieur de la lampe. Leur passage à travers le verre s'obtient par simple chauffage dans une flamme oxygène-gaz d'éclairage. Après avoir été vidé, ce tube est mis en communication avec un volume déterminé de krypton sous une pression convenable, calculée à l'avance; il est alors refroidi à la température de l'azote liquide et la totalité du krypton s'y condense. Il est enfin séparé de la canalisation et réchauffé lentement.

Le modèle décrit ici fonctionne sous une pression de 15 kg/cm^2 environ. L'allumage s'obtient en appliquant une tension alternative de 800 volts, 50 périodes. La consommation est inférieure à 3 watts, mais la brillance intrinsèque du point lumineux formé entre les électrodes est grande. La couleur de la décharge est bleuâtre et la température de couleur élevée. Cette source a été comparée à une lampe à incandescence alimentée sous un régime constant, de température de couleur de 2317°K. La courbe I de la figure représente la

---

(*) Séance du 22 novembre 1948.

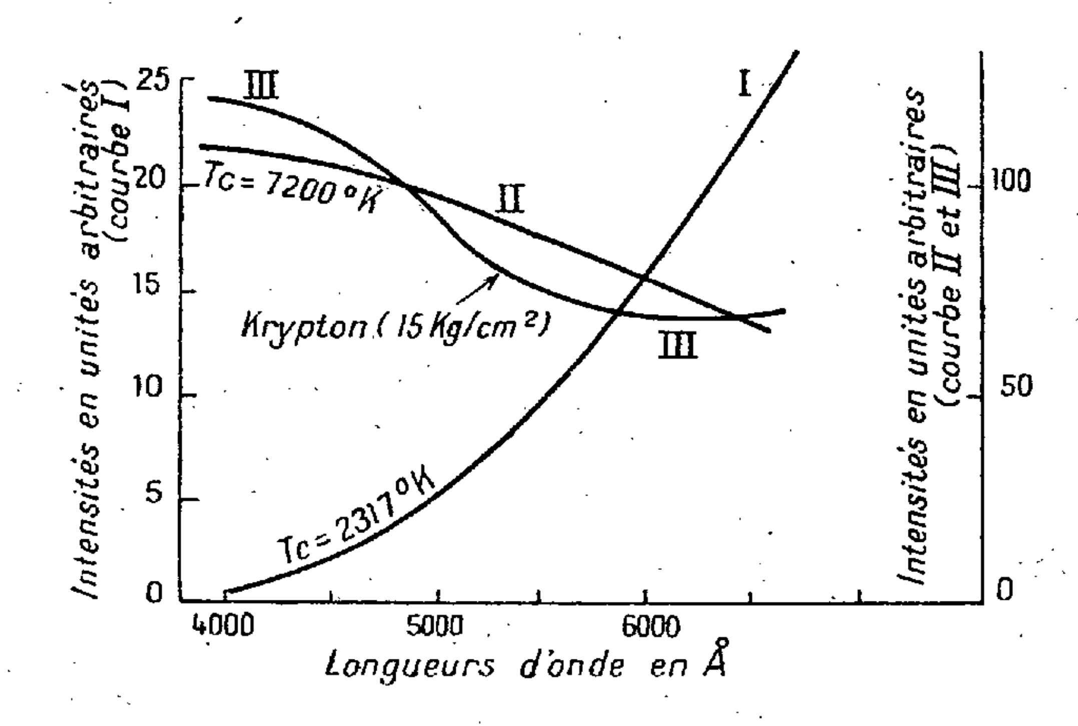
([1]) *J. de Phys. et Radium*, (7), **9**, 1938, p. 228.

([2]) R. Herman et L. Herman, *J. de Phys.*, (8), **7**, 1946, p. 203,

([3]) P. Schultz, *Annalen der Physik.*, (6), **1**, 1947, p. 95 et 107; Ch. Weniger et L. Herman, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1022.

([4]) Une lampe semblable renfermant du xénon est actuellement à l'étude.

répartition d'intensité de cette lampe à incandescence entre 4000 et 6500 Å, la courbe II celle du corps noir à 7200°K. et la courbe III celle du tube ci-dessus. On constate qu'il est riche en radiations violettes et probablement ultraviolettes.



L'intérêt d'une source de laboratoire à température apparente élevée est bien connu, elle pourrait être utile en photométrie astronomique. Déjà les lampes basées sur l'émission par fluorescence, riches en radiations violettes, ont pu rendre des services, mais la constance de leur répartition a été parfois mise en doute ([5]). Le spectre continu de l'hydrogène moléculaire est très intéressant dans l'ultraviolet jusqu'à 4000 Å; au-dessous, le spectre de raies de la molécule d'hydrogène gêne notablement ([6]). L'émission des gaz rares, à poids atomique élevé, comme le krypton ou le xénon comprimés à une pression suffisante, sont exempts de ces inconvénients. La seule variation possible de la distribution spectrale d'intensité pourrait être provoquée par une adsorption éventuelle du gaz par les électrodes et une baisse de la pression au cours du fonctionnement.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Action d'un champ magnétique aux basses températures sur la rotation naturelle du sulfate de nickel hexahydraté.* Note (*) de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Jean Becquerel.

Les résultats théoriques que nous avons exposés dans une Note précédente ([1]) ont montré l'importance des basses températures pour l'étude d'un nouvel effet magnéto-optique : l'action du champ magnétique sur le pouvoir

---

([5]) E. Vigroux, *Ann. Astrophysique*, 5, n° 2, 1942, p. 41.
([6]) D. Chalonge, *J. de Phys. et Radium*, (7), 1, 1930, p. 421.

(*) Séance du 29 novembre 1948.
([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 652.

rotatoire naturel. A la température ordinaire, cet effet n'est observable que sur des milieux à structure spéciale, comme les substances mésomorphes ([2]). Aux basses températures, par contre, il est possible de l'observer sur des cristaux paramagnétiques optiquement actifs. Nous donnons ci-dessous un bref compte rendu des résultats que nous avons obtenus au Kammerlingh Onnes Laboratorium de l'Université de Leyde, sur le sulfate de nickel hexahydraté.

1° *Dispositif expérimental et méthode de mesures.* — Nous avons employé un dispositif expérimental analogue à celui utilisé par MM. Jean Becquerel, W. J. de Haas et J. van den Handel dans leurs recherches magnéto-optiques aux basses températures ([3]). Cependant, afin d'augmenter l'intensité de la lumière transmise, le cryostat que nous avons employé ne comportait que deux vases coaxiaux à double paroi au lieu de trois, le premier rempli d'azote liquide, le second contenant, suivant les cas, de l'azote, de l'hydrogène ou de l'hélium liquides. Nous avons utilisé des cristaux taillés normalement à l'axe optique, relativement épais (de 3 à $3^{mm},5$ d'épaisseur), afin d'augmenter l'ordre de grandeur des effets observés. La variation de la rotation naturelle sous l'action d'un champ H s'exprime par la relation

$$\Delta\rho_n = \frac{1}{2}[\rho_m^+(\mathrm{H}) + \rho_m^-(\mathrm{H}) - 2\rho_n],$$

où ρ_m^+ et ρ_m^- sont les azimuts des vibrations pointées en présence de deux champs égaux et opposés, et ρ_n celui de la vibration pointée en l'absence de champ; H ne désigne pas le champ appliqué extérieurement, mais le *champ effectif*, qui se déduit du premier par une correction destinée à tenir compte du champ démagnétisant et de l'interaction magnétique entre les ions ([4]). Les températures sont déterminées à partir des mesures de la pression du gaz situé au-dessus du liquide dans lequel est plongé le cristal.

2° *Variation de la rotation naturelle avec la température.* — Le Tableau donne les valeurs de la rotation naturelle que nous avons mesurées entre 1°,36 et 294°,1 K pour les trois raies visibles du mercure, ainsi que celle du rapport de dispersion des raies jaune et verte.

TABLEAU.

T°K.....	1,36.	1,58.	1,76.	2,03.	4,23.	14,2.	17,5.	20,3.	64,5.	70,0.	77,4.	294,1.
(578 mμ)...	2,90	2,90	2,88	2,87	2,87	2,83	–	2,79	2,67	2,64	2,63	1,44
(546 mμ)...	2,37	2,35	2,32	2,30	2,30	2,24	2,23	2,21	2,12	2,11	2,08	0,85
(436 mμ)...	0,32	0,31	0,30	0,29	0,29	0,21	–	0,19	0,08	–	–	−1,75
$\frac{\rho_n(578)}{\rho_n(546)}$....	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	–	1,26	1,26	1,25	1,26	1,69

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 278.

([3]) *Cf.* par exemple, *Le Magnétisme*, Congrès de Strasbourg, **1**, 1949, p. 64-66.

([4]) H.-A. Kramers, *Proc. Akad. Amsterdam*, **33**, 1930, p. 971.

On voit que ρ_n décroît régulièrement à mesure que T augmente. Pour la raie indigo, ρ_n change de signe peu après le domaine de température de l'azote liquide. Cette variation paraît due simultanément au déplacement et à la variation d'intensité des bandes d'absorption qui contribuent à l'activité optique. Nos résultats sont en bon accord avec les mesures de MM. Ingersoll, Rudnick et Slack ([5]) à 90 et et 300° K.

3° *Action du champ magnétique sur la rotation naturelle :* En *champ longitudinal,* la dissymétrie des rotations magnétiques traduit une augmentation de la valeur absolue de la rotation naturelle pour les raies jaune et verte. Elle est de signe opposé pour la raie indigo. Nous avons représenté sur la figure 1

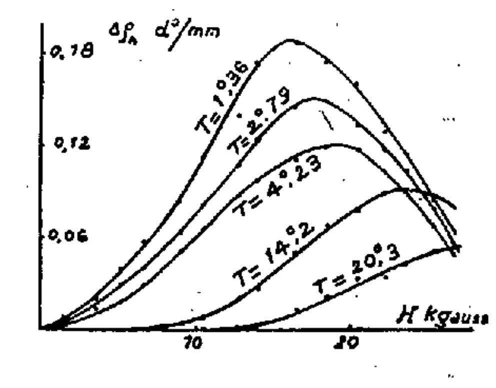


Fig. 1.

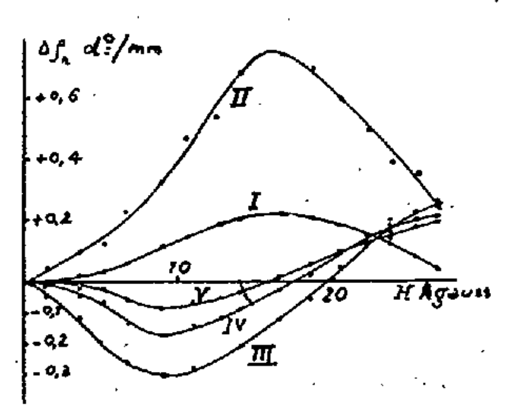


Fig. 2.

les variations de $\Delta\rho_n$ par millimètre de cristal en fonction du champ effectif pour $\lambda = 546^{m\mu}$, à différentes températures de l'hydrogène et de l'hélium liquides. Les courbes I et II de la figure 2 représentent ces variations à $T = 1°,36$ K. pour $\lambda = 578$ et $436^{m\mu}$. En *champ transversal,* $\Delta\rho_n$ dépend de l'angle α que fait la vibration incidente avec la direction des lignes de force. Les courbes III, IV et V de la figure 2 représentent, pour $T = 1°,36$ K. et $\lambda = 546^{m\mu}$, la valeur *algébrique* de $\Delta\rho_n$ par millimètre de cristal correspondant à des valeurs de α respectivement égales à 0°, 45° et 90°. Les courbes en champ transversal ont même forme qu'en chanp longitudinal, mais la variation initiale de la rotation naturelle s'effectue, pour la raie verte, en sens opposé, la position du maximum correspondant à un champ plus faible (9000 Gauss environ) qu'en champ longitudinal (environ 15000 Gauss pour $T = 1°,36$ K.). Les résultats qui précèdent peuvent s'interpréter dans le cadre de la théorie que nous avons développée ([1]). Nous reviendrons ultérieurement sur ce point, ainsi que sur l'étude de la rotation magnétique proprement dite, qui présente, aux basses températures, des caractéristiques remarquables.

([5]) *Cf.* par exemple, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 1003.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Effet Maxwell (biréfringence d'écoulement) dans les suspensions de particules déformables.* I. *Généralités. Mouvement brownien de rotation et de déformation d'une particule sphérique élastique.* Note de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Aimé Cotton.

Wo. Ostwald et H. Erbring ([1]) ont mis en évidence la biréfringence d'écoulement des mélanges de liquides au voisinage de la température critique. Il ressort de ces expériences qu'une biréfringence peut apparaître lorsque des assemblages moléculaires en moyenne sphériques sont déformés par un champ hydrodynamique.

Par ailleurs, les expériences de biréfringence d'écoulement effectuées sur des solutions de macromolécules en chaînes montrent que la déformation de la molécule joue dans certains cas un rôle important (polystyrolènes) ([2]), (polyisobutylènes) ([3]).

Enfin, Ch. Sadron, dans sa statistique des longues chaînes moléculaires, cherche à traiter une telle particule comme un ensemble en moyenne sphérique, que le solvant ne traverse pas en première approximation, et auquel on pourrait appliquer les lois de l'hydrodynamique classique ([4]).

Ainsi, la théorie de la biréfringence d'écoulement des suspensions de sphères élastiques de W. Haller ([5]), se retrouve-t-elle d'actualité. Il convenait de la préciser et de la développer afin de rendre possibles les confrontations avec l'expérience. Le développement de la théorie exige en premier lieu l'étude du mouvement et de la déformation d'une sphère élastique dans l'écoulement à gradient de vitesse constant (écoulement réalisé dans les appareils de mesure de biréfringence). Cette étude a été effectuée récemment pour une sphère macroscopique ([6]).

Dans la présente Note, nous étudions l'influence de l'agitation thermique sur une sphère élastique du même ordre de grandeur que les particules équivalentes aux macromolécules en chaînes (rayon compris entre 50 et 500 Å environ), et nous réservons pour une prochaine publication le calcul des caractères dynamo-optiques de la solution.

1. *Mouvement brownien de rotation et de déformation d'une particule sphérique élastique.* — La théorie du mouvement brownien d'une particule rigide ([7]) est généralisée au cas d'une particule élastique par la *considération*

(1) *Koll. Zeits.*, 64, 1933, p. 229.
(2) R. Signer, *Trans. Farad Soc.*, 32, 1936, p. 296.
(3) W. Zvetkov et E. Frismann, *Acta physicochimica U. R. S. S.*, 20, 1945, p. 263.
(4) *J. de Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 22.
(5) *Koll. Zeits.*, 61, 1932, p. 26.
(6) P. Cerf, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1586.
(7) *J. de Phys.*, 5, 1934, p. 497.

du mouvement brownien de déformation. Reprenant les approximations classiques dans cette théorie, nous admettons que les vitesses peuvent être considérées à tout instant comme infiniment petites dans les équations hydrodynamiques. Nos résultats, *pour un faible mouvement brownien de déformation*, sont alors les suivants :

a. On peut étudier le mouvement brownien d'un système S_1 d'axes liés à la particule comme si cette dernière était rigide. On peut étudier le mouvement brownien de déformation pure dans le système S_1 comme si ce dernier était immobile. En un mot, il y a indépendance des mouvements browniens de déplacement et de déformation.

b. Les carrés moyens des coefficients principaux de déformation X_{ii} de la particule ont pour expression

$$\overline{X_{ii}^2} = \frac{kT}{VE}, \tag{1}$$

k étant la constante de Boltzmann, T la température absolue, V le volume de la particule et E son module d'Young.

Leurs produits moyens ont pour expression

$$\overline{X_{ii}\,X_{jj}} = \frac{kT}{V}\cdot\frac{\sigma}{E}, \tag{2}$$

où σ désigne le coefficient de Poisson de la particule.

L'hypothèse d'un faible mouvement brownien de déformation exige que soit réalisée la condition $H = \mu/[5D(\eta_0 + 0{,}4\eta_i)] > 8$. μ et η_i sont les constantes d'élasticité et de viscosité interne de la sphère élastique, D la constante de diffusion de rotation d'une sphère rigide de même rayon; enfin η_0 représente la viscosité du liquide de suspension.

2. *Comportement d'une sphère élastique soumise à la double influence du champ hydrodynamique à gradient constant et de l'agitation thermique.* — Avec les hypothèses précédentes l'agitation thermique ne se manifeste en première approximation que par le mouvement brownien de rotation du système S des axes principaux de la particule dans la déformation macroscopique. Il est identique au mouvement brownien de rotation du système S_1.

On se rappelle (*cf.* Note citée) que le système S supposé écarté de sa position d'équilibre se voit rappelé vers elle par des forces d'origine hydrodynamique. Le système S est représenté dans l'espace de phase par un point M animé d'un mouvement de convection macroscopique dont le calcul s'effectue à partir de nos résultats antérieurs.

La loi de répartition obtenue pour le point M représentatif du système S est une loi de Gauss. Soit $\vec{\omega}$ le vecteur rotation qui permet de passer de la position d'équilibre macroscopique du système S à sa position actuelle.

Pour les petites valeurs de $\vec{\omega}$ on a

$$(3) \qquad \rho(\mathrm{M}) = \left(\frac{\mathrm{H}}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} \exp - \mathrm{H}\omega^2.$$

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la possibilité de déceler dans un champ inhomogène une particule douée de spin et de masse beaucoup plus petite que celle de l'électron.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'existence de particules plus légères que l'électron, soit neutres (neutrinos), soit faiblement chargées (électrinos), a été évoquée dans la théorie du spectre β comme dans celle du photon. Malheureusement, l'identification de tels granules se heurte à de grandes difficultés : la méthode expérimentale usuelle ([1]), consistant à déterminer la quantité de mouvement prise par le noyau émetteur, manque de précision et semble pouvoir difficilement atteindre des masses qui seraient inférieures au millième de la masse électronique.

a. Des particules ultra-légères, douées de spin, doivent posséder un moment magnétique μ, lequel, même pour une particule faiblement chargée, pourrait être notablement supérieur au magnéton de Bohr, par suite de l'extrême petitesse de la masse. Par ailleurs, une telle particule émise au cours d'une transformation nucléaire, emportera une énergie notablement supérieure à 1 eV, de sorte qu'elle devra être traitée comme un corpuscule relativiste pour lequel $\eta = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ dépassera de beaucoup la valeur 10^3.

J'ai indiqué ([2]) que, dans ces conditions, la limite d'incertitude s'exprimait en fonction du rapport η, et qu'il était possible de donner du principe d'indétermination une expression adaptée au cas relativiste. On peut alors rechercher quelles devraient être les caractéristiques de particules ultra-légères, chargées, dont les moments électrique aussi bien que magnétique (puisque l'existence de l'un entraîne nécessairement, à la vitesse c, celle de l'autre), seraient susceptibles d'une détermination expérimentale dans les champs inhomogènes.

b. M. L. de Broglie ([3]) a précisé ces indications ([2]) et a montré que le moment particulaire pourrait être mis en évidence pour autant que le produit de η par l'énergie cinétique U, que la particule de masse propre m_0 est susceptible d'acquérir dans un champ, soit faible vis-à-vis de l'énergie $m_0 c^2$ au repos

$$(1) \qquad \eta \mathrm{U} < m_0 c^2 \quad \text{ou} \quad \mathrm{E}_0 \mathrm{U} < m_0^2 c^4,$$

Cette condition implique nécessairement, puisque $\eta > 1$, que U soit inférieure à $m_0 c^2 \eta$, c'est-à-dire inférieure à l'énergie initiale E_0 de la particule.

([1]) H. R. Crane, *Review Mod. Physics*, 20, 1948, p. 278.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 482, et *Nature*, 28 août 1948.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1765. *Voir* aussi un article à paraître au *Journal de Physique*, dont M. L. de Broglie a bien voulu me communiquer les conclusions.

Ainsi devra-t-on ajouter la relation (1) à la condition première d'observabilité d'un moment, que j'ai précédemment indiquée ([2]).

$$(2) \qquad \eta^2 > \frac{12\pi m_0 c}{h} \quad \text{ou} \quad E_0^2 > \frac{12\pi m_0^3 c^5}{h}, \qquad E_0 > 1,2.10^{40}\, m_0^{\frac{3}{2}}.$$

Le mouvement de la particule doit ainsi satisfaire à la double inégalité

$$(3) \qquad \frac{12\pi m_0^3 c^5}{h}\frac{U^2}{E_0^2} < U^2$$

et

$$(4) \qquad U^2 < m_0^2 c^4 \frac{U}{E_0}.$$

On ne peut rien tirer de (4), fixant la limite supérieure de U. Par contre nous pouvons obtenir la limite inférieure que U ne saurait atteindre sans que les moments cessent d'être physiquement observables. On déduit, en effet, de (3) et (4)

$$(5) \qquad m_0 \leqslant \frac{h}{12\pi c}\frac{E_0}{U} \quad \text{ou} \quad m_0 \leqslant 5,8.10^{-39}\frac{E_0}{U}\,\text{gramme},$$

et l'inégalité (3) sera nécessairement satisfaite pour toute valeur de U^2 supérieure à $12\pi c^5/h.\ U^2/E^2$ multipliée par une quantité supérieure à m_0^3 [obtenue en remplaçant m_0 par une quantité plus grande, tirée de (5)]. D'où la condition

$$(6) \qquad U^3 > \frac{h^2 c^2}{144\pi^2} E_0 \quad \text{ou} \quad U^3 > 2,7.10^{-35} E_0.$$

Dans le cas où l'énergie cinétique U est due à l'existence d'un moment magnétique μ, $(U = \mu H)$, on en déduit

$$(7) \qquad \mu^3 > \frac{h^2 c^2}{144\pi^2 H^3} E_0 \quad \text{ou} \quad \mu > 10^{-15} E_0^{\frac{1}{3}} \qquad (\text{pour } H \cong 3.10^3),$$

ce qui conduit à des valeurs de moments μ supérieures à 10^{-19} ou 10^{-17} u. e. m.

Enfin, si le moment μ est lié à l'existence d'une charge particulaire ε, on peut encore déduire de (7) une limite pour la charge spécifique

$$\left(\frac{\varepsilon}{m_0}\right)^3 > \frac{4\pi}{9}\frac{c^5}{hH^3} E_0 \quad \text{ou} \quad \frac{\varepsilon}{m_0} > 5,8.10^{22} E_0^{\frac{1}{3}}.$$

Même dans le cas des énergies E_0 faibles, ε/m_0 pourrait dépasser la valeur de la charge spécifique de l'électron ($5,3.10^{17}$ u. e. s.).

c. En conclusion, une particule sub-électronique, dont on voudrait montrer l'existence à partir d'un effet dipolaire dans des champs inhomogènes, devrait posséder les caractères suivants : sa masse, en vertu de (5), serait très inférieure à 10^{-31} voire à 10^{-34} gr., et se rapprocherait de la plus grande masse que l'on peut attribuer au photon. Elle présenterait un moment magnétique supérieur

au magnéton de Bohr (et, corrélativement, un moment électrique de même valeur absolue en u. e. s.). Enfin sa charge spécifique atteindrait ou dépasserait celle de l'électron, alors même que sa charge absolue ε serait inférieure au millième de la charge électronique. L'observabilité des moments reste subordonnée à la condition (2), c'est-à-dire à une énergie initiale E_0 suffisante, ce qui est aisément satisfait.

C'est sur de telles bases que doit être élaborée toute méthode magnétique ou électrique, destinée à manifester l'existence de particules ultra-légères.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ de l'ionium.*
Note (*) de Mme **Irène Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement γ de l'ionium a été observé tout d'abord par Chadwick et Russell (1) qui l'interprétèrent comme rayonnement K, L, M, d'origine primaire ou secondaire. Ward (2) conclut à l'existence de quanta de 68 ekV et 190 ekV, en proportion de 1 quantum de chaque espèce pour 1000 rayons α; l'énergie du rayonnement de 68 ekV était bien établie par la différence d'absorption d'écrans de $_{73}$Ta et $_{74}$W dont les discontinuités K encadrent le rayonnement γ. Feather (3) a remarqué qu'une intensité si faible de l'état excité de 68 ekV était difficilement explicable et suggéra qu'il s'agit peut-être d'un rayonnement très converti.

J'ai repris l'étude du rayonnement γ de l'ionium, en utilisant un compteur d'aluminium de type courant (cylindre d'aluminium de 18^{mm} de diamètre, 1/10 de mm. d'épaisseur, 35^{mm} de longueur). Le mélange d'ionium-thorium utilisé provient de minerai du Congo Belge et contient 9,1 % d'ionium; 1^g de IoTh contient 1,5 millicurie d'ionium. On utilise 100^{mg} à 1^g du produit, à 15 ou 25^{mm} du compteur.

L'intensité du rayonnement α de l'ionium est très considérable par rapport à celle du thorium et de ses dérivés, mais il n'en est pas de même du rayonnement pénétrant. Il est nécessaire d'éliminer soigneusement le thorium X et le radium et le dépôt actif par des traitements chimiques appropriés et d'effectuer les mesures le jour même ou le lendemain.

On a pu reconnaître l'existence d'un rayonnement mou [$(\mu/\rho)_{Cu}$ environ 70] pouvant correspondre au rayonnement L du radium et d'un rayonnement plus pénétrant, non homogène [$(\mu/\rho)_{Cu}$ environ 1,2].

Des mesures faites avec des écrans de $_{29}$Cu, $_{33}$As, $_{38}$Sr, $_{42}$Mo montrent que le rayonnement mou doit être composé de raies dont les énergies sont supérieures à celle du niveau K de As, inférieures à celle de K de Mo, de part et

(*) Séance du 22 novembre 1948.
(1) *Proc. Roy. Soc.*, 88. 1913, p. 217.
(2) *Pr. Camb. Soc.*, 35, 1939, p. 322.
(3) *Reports of progress in physics*, VII, 66, 1940.

d'autre de K de Sr, ce qui est bien en accord avec le spectre L du radium, dont les raies principales ont des énergies comprises entre 12 et 20 ekV.

Des mesures faites avec des écrans de tantale ($Z = 73$), et de tungstène ($Z = 74$), confirment l'existence du rayonnement γ de 68 ekV signalé par Ward. La partie la plus pénétrante du rayonnement peut être attribuée à un rayonnement de 150 à 200 ekV, en accord avec la valeur de 190 ekV donnée par Ward. Afin de déterminer le nombre de quanta émis, on a calculé l'efficacité du compteur utilisé, pour quelques-unes des raies L les plus intenses du radium, $L_{\alpha 1}$ (12,3 ekV), $L_{\beta 1}$ et β_2 (1,49 ekV), $L_{\gamma 1}$ (16,35 ekV), ainsi que pour le rayonnement γ de 68 ekV.

Les efficacités calculées (rapport du nombre de coups comptés au nombre de quanta qui traversent le compteur) sont :

L_{α_1}.	L_{β_1} et β_2.	L_{γ_1}.	γ de 68 ekV.
7,5/1000	5,3/1000	3,7/1000	0,4/1000

En se basant sur une courbe de Maïer-Leibnitz ([4]), on peut admettre pour un rayonnement de 150 à 200 ekV un coefficient 0,6/1000.

Pour l'évaluation du nombre de quanta, on a utilisé des mesures faites avec un diaphragme canaliseur éliminant les rayons très obliques.

L'effet des rayons L d'une couche active épaisse sur le compteur est proportionnel à l'efficacité k_L multipliée par l'inverse du coefficient d'absorption massique des rayons dans la matière, le produit varie peu (de $0{,}68 . 10^{-4}$ à $0{,}88 . 10^{-4}$) de L_{α_1} à L_{γ_1}, bien que l'efficacité k_L varie d'un facteur 2. On peut donc admettre un coefficient global, pour les raies L, ce qui évite de faire des hypothèses sur le rapport de l'intensité de ces raies.

Les formules qui permettent de calculer le nombre de quanta sont

$$n_L = \frac{\omega}{4\pi} s m_L k_L q_L = \frac{\omega}{4\pi} s \times 0{,}8 . 10^{-4} q_L, \qquad n_\gamma = \frac{\omega}{4\pi} M \Sigma q_\gamma k_\gamma.$$

n_L et n_γ nombre de coups par seconde produits dans le compteur par le rayonnement L ou les rayonnements γ; ω angle solide, s surface de la source, M masse d'IoTh, $m = 1/(\mu/\rho)$; k_L, k_γ, coefficients d'efficacité du compteur pour les quanta L ou γ; q_L, q_γ nombre de quanta L ou γ émis par sec./gr. d'IoTh.

D'après les courbes d'absorption, il semble que l'intensité due au rayonnement de 68 ekV soit environ deux fois plus grande que celle qui est due au rayonnement de 200 ekV (ce dernier est d'ailleurs probablement complexe). Admettant 0,4/1000 et 0,6/1000 pour les coefficients d'efficacité de ces rayonnements, on trouve

0,7 quanta γ de 68 ekV pour 100 rayons α
0,2 » γ » 200 ekV » » » »
10 » L » » » »

([4]) *Z. f. Naturf.*, I, 243, 1946.

Ces intensités sont beaucoup plus élevées que celles de Ward. Toutefois, le nombre de quanta L, très supérieur au nombre de rayons γ, semble indiquer un nombre d'états excités encore beaucoup plus grand avec une conversion très importante.

Des expériences faites par M. Teillac ([5]) au moyen d'un appareil Wilson, montrent qu'il y a pour 100 rayons α, environ 10 photoélectrons provenant du rayonnement de 68 ekV, ce qui s'accorde avec le nombre de quanta L donné ici; ceci montre que c'est le rayonnement de 68 ekV qui est extrêmement converti : pour 100 rayons α il y aurait 10 électrons de conversion et seulement 0,7 quanta. Dans environ 11 % des désintégrations de l'ionium, l'atome resterait dans l'état excité de 60 ekV : le pourcentage est même probablement un peu plus grand parce que le rendement de fluorescence du niveau 4 est inférieur à 1. Toutefois, ce nombre d'état excité du rayonnement de 68 ekV est encore insuffisant pour s'accorder avec les résultats obtenus récemment sur la structure fine de l'ionium, par la déviation magnétique ([6]). On a trouvé deux raies principales d'intensité comparable, distantes d'environ 70 ekV et une raie faible à 170 ekV du groupe fondamental.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement électronique de l'ionium.* Note (*) de M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'ionium se désintègre par émission de rayons α de $3^{cm},11$ de parcours moyen ([1]) en donnant du radium. C'est l'isotope du thorium de masse 230, sa période est de 83 000 ans environ ${}^{230}_{90}I_0 \underset{\alpha}{\rightarrow} {}^{226}_{88}Ra$. En plus de ce rayonnement α on lui attribue des rayonnements γ ([2]), ([3]) et aussi une émission d'électrons secondaires. C'est l'étude de ce rayonnement électronique qui fait l'objet du présent travail.

Nous avons utilisé l'appareil Wilson à pression variable ([4]). La profondeur de la tranche utile, éclairée soit par des lampes à incandescence, soit par un tube à décharge, était de $1^{cm},5$. Un appareil de photographie stéréoscopique ouvert à $f/3,5$ donnait des clichés 24×30^{mm}.

Les sources ont été préparées à partir d'un produit ionium-thorium fraîchement purifié et dont la teneur en ionium est de 9,1 %.

Le nitrate d'Io—Th était dissous dans l'éther et une goutte de la solution

([5]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1227.

([6]) Rosenblum, Valadarès et Mlle Vial, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1088.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) I. Joliot-Curie et S. T. Tsien, *Journ, de Phys.*, 6, 1945, p. 162.

([2]) J. Chadwick et A. S. Russel, *Proc. Roy. Soc.*, A 88, 1913, p. 217.

([3]) A. C. Ward, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 35, 1939, p. 322.

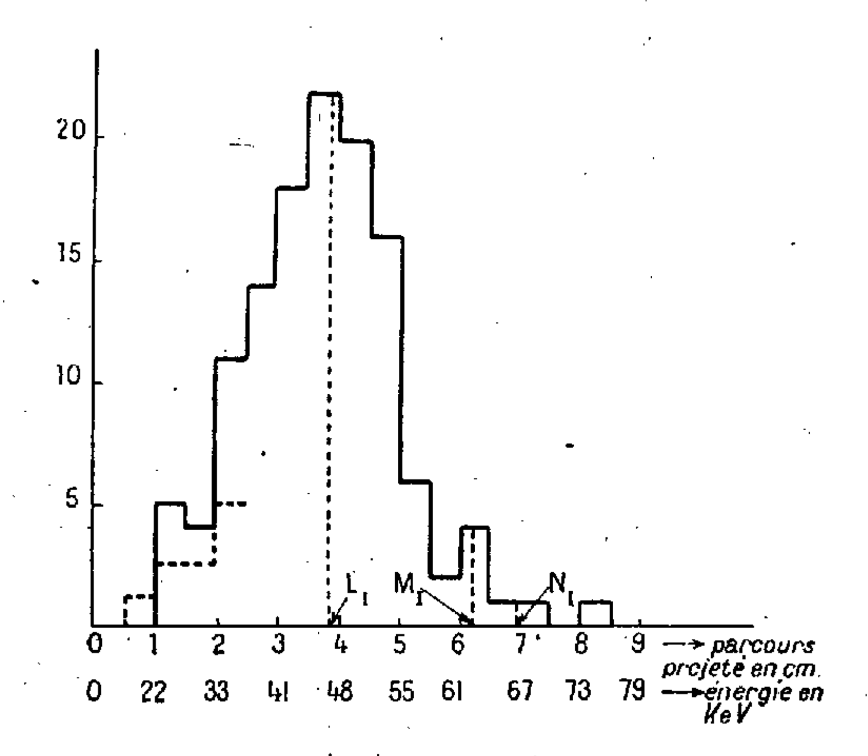
([4]) F. Joliot, *Journ. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 216.

déposée au centre d'un petit cercle en mica dont l'épaisseur correspondait à une masse superficielle de 1,1 mg/cm². La source placée au centre de la chambre permettait l'observation dans l'angle 4π; son intensité mesurée à l'électroscope, par comparaison à un étalon d'oxyde d'urane de $5,5\ 10^{-3}$ u. e. s., était de 0,3, soit $1,65\ 10^{-3}$ u. e. s.; dans ces conditions on avait en moyenne 4 rayons α par détente.

Dans le dénombrement des rayons α, nous n'avons tenu compte que de ceux qui étaient dans le temps d'efficacité de l'appareil; nous avons ainsi compté 1840 α qu'on peut attribuer à l'ionium avec une erreur inférieure à 2 %, puisque l'activité de l'ionium est $1,5.10^5$ fois plus grande que celle du thorium et que la quantité de radium accumulée est négligeable. Au total, 212 électrons ont été observés dont 12 ont un parcours supérieur à 7^{cm} et sortent du champ d'observation. Ce chiffre de 12 est d'ailleurs sous-estimé, l'angle solide d'observation qu'on peut admettre le même pour les rayons α et les électrons d'énergie voisine de 50 KeV étant plus faible dans le cas des électrons d'énergie supérieure.

L'ionium émet donc des électrons dans la proportion de 10 à 11 % désintégrations.

La répartition énergétique de ces électrons, d'après la mesure du parcours projeté, s'établit comme le montre le graphique ci-dessous :



Il ressort de cette répartition qu'on peut interpréter cette émission d'électrons comme étant due à la conversion interne de la raie γ de 68 KeV. Nous avons porté sur le graphique la position des raies L_I, M_I, N_I, telle qu'on peut la déduire du calcul. Étant donné la largeur des raies dans cette région (35 %) ([5]), il y a une bonne concordance entre les prévisions et les résultats expérimentaux.

([5]) S. T. Tsien, *Journ. de Phys. et Rad.*, 8, 1947, p. 269.

Nous avons signalé plus haut que 12 électrons seulement ont un parcours supérieur à 7^{cm}, et sortent du champ d'observation, l'aspect de la trajectoire étant en général rectiligne. Si l'on admet que le facteur de correction d'angle solide est grossièrement égal à 2, l'existence d'un rayonnement fortement converti, d'intensité comparable à la raie de 68 KeV expulsant des électrons d'énergie supérieure à 65 KeV est hautement improbable. Le rayonnement de 190 KeV, notamment, émet au plus 1 électron par 100 désintégrations.

Une deuxième série d'expériences a été faite à basse pression dans le but d'examiner la répartition des électrons de basse énergie (courbe en trait pointillé sur le graphique); cette répartition coïncide avec celle obtenue à pression normale. La pression initiale dans la chambre Wilson était de 38^{cm} et nous pouvions voir des électrons dont l'énergie était 9 à 10 KeV; nous n'en avons pas aperçu à la précision de 1 pour 200 désintégrations.

Il est à remarquer que, par ailleurs ([6]) le nombre de photons de 68 KeV émis a été trouvé voisin de 1 pour 100 désintégrations, ce qui prouve que la conversion de ce rayonnement doit être très élevée ($\alpha = 0,9$).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de réactions équilibrées entre le tétrachlorure et le tétrabromure de germanium. Mise en évidence par l'Effet Raman des trois chlorobromures du germanium tétravalent.* Note (*) de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'existence de $GeCl_2Br_2$ est signalée par Brewer ([1]) qui prétend l'avoir obtenu par action du brome sur $GeHCl_3$.

Nous avons déjà montré que dans le cas de l'étain ([2]) et du titane ([3]) tétravalents, le simple mélange des chlorure et bromure conduisait par des réactions équilibrées, à la formation de chlorobromures de ces éléments. Par contre le mélange des chlorure et bromure de carbone et de silicium laisse les halogénures purs inaltérés. Nous avons voulu savoir si le germanium se comportait comme le silicium ou comme l'étain.

Les spectres Raman du tétrachlorure et du tétrabromure de germanium ont été décrits ([4]) ([5]). Les spectres des mélanges comportent des raies nouvelles à côté de celles des halogénures purs. Ces raies nouvelles caractérisent bien la formation de chlorobromures. Dans les spectres Raman de tous les dérivés tétrahalogénés purs ou mixtes du carbone, silicium, étain, la fréquence la plus

---

([6]) Irène Curie, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1225.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *J. Phys. Chem.*, **31**, 1927, p. 1820.

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 64.

([3]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 173.

([4]) Haun et Harkins, *J. Amer. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 3917.

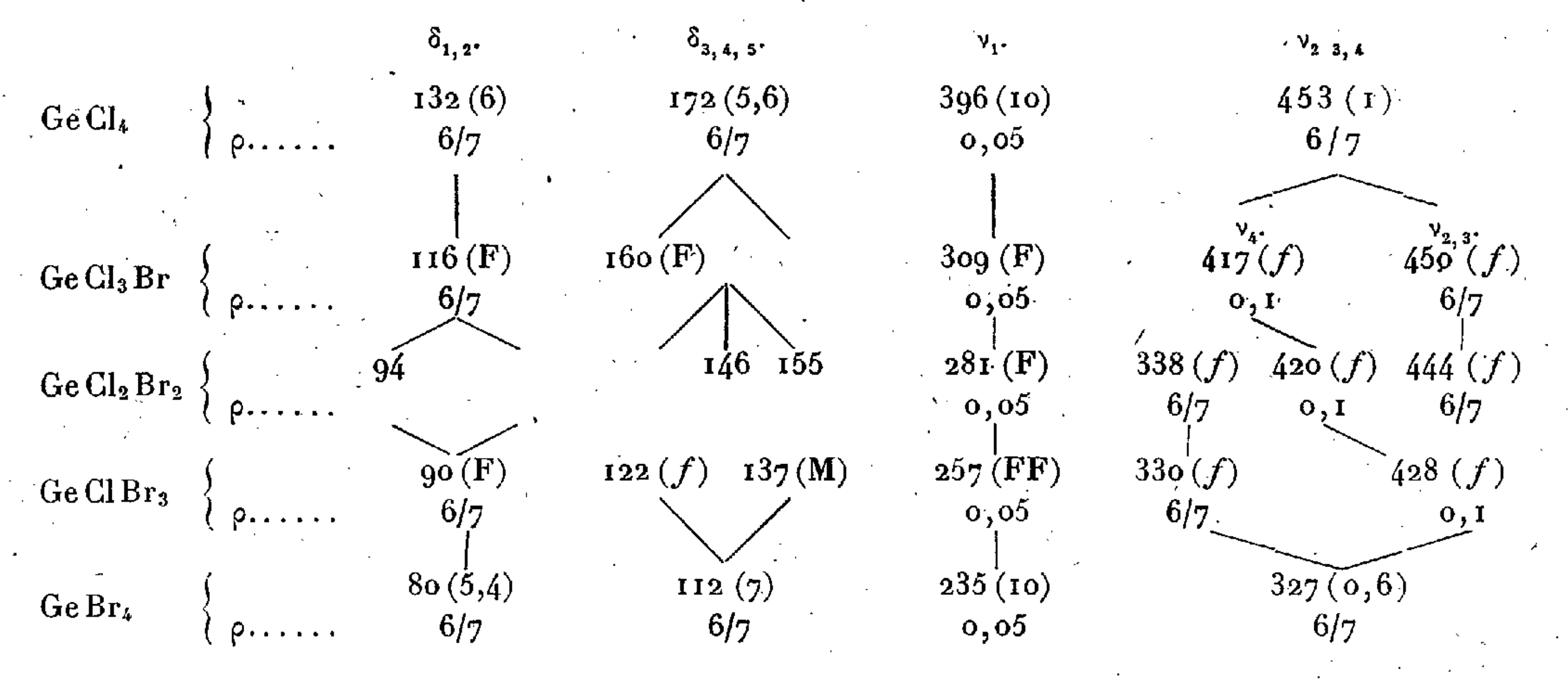
([5]) Tchakirian et H. Volkringer, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1758.

intense ν_1 est une raie fine presque complètement polarisée, elle correspond à la vibration la plus symétrique de ces molécules. Pour un même atome central, ν_1 s'écarte progressivement de l'excitatrice quand on considère la série ABr_4, $AClBr_3$, ACl_2Br_2, ACl_3Br, ACl_4. Dans les spectres des mélanges de $GeBr_4$ et de $GeCl_4$ on constate la présence de trois raies fines très polarisées, situées entre les raies ν_1 de $GeBr_4$ et de $GeCl_4$. Ces trois raies correspondent certainement aux fréquences ν_1 des trois chlorobromures de germanium. La variation de leurs intensités relatives lorsqu'on étudie divers mélanges nous renseignera qualitativement sur leur composition. Les spectres des mélanges contenant un grand excès de l'un des halogénures GeX_4 lorsqu'ils sont peu posés, ne présentent que deux fréquences ν_1 : celle de GeX_4 et celle de GeX_3Y, la comparaison de ses spectres avec celui de GeX_4 pur permettra d'avoir les fréquences de GeX_3Y. Les spectres de $GeCl_4$, $GeBr_4$, $GeCl_3Br$, $GeClBr_3$ étant connus, on cherchera celui de $GeCl_2Br_2$ dans les spectres des mélanges pour lesquels on observe la fréquence ν_1 de ce composé. On étudiera divers mélanges pour être sûr d'explorer au mieux toute l'étendue du spectre.

Fréquences en cm^{-1}.

Modes de vibration.

(Entre parenthèses : intensité relative pour chaque fréquence.)



	$\delta_{1,2}$	$\delta_{3,4,5}$	ν_1	$\nu_{2,3,4}$
$GeCl_4$	132 (6)	172 (5,6)	396 (10)	453 (1)
ρ......	6/7	6/7	0,05	6/7
$GeCl_3Br$	116 (F)	160 (F)	309 (F)	ν_4 : 417 (*f*) ; $\nu_{2,3}$: 450 (*f*)
ρ......	6/7		0,05	0,1 ; 6/7
$GeCl_2Br_2$	94	146 155	281 (F)	338 (*f*) 420 (*f*) 444 (*f*)
ρ......			0,05	6/7 0,1 6/7
$GeClBr_3$	90 (F)	122 (*f*) 137 (M)	257 (FF)	330 (*f*) 428 (*f*)
ρ......	6/7		0,05	6/7 0,1
$GeBr_4$	80 (5,4)	112 (7)	235 (10)	327 (0,6)
ρ......	6/7	6/7	0,05	6/7

Spectre de $GeCl_3Br$ et de $GeClBr_3$:

Les spectres Raman de ces molécules tétraédriques de symétrie C_{3v} doivent comporter 6 fréquences Raman : 3 fréquences de déformation δ_{12}, δ_3, $\delta_{4,5}$ et 3 fréquences de valence ν_1, ν_{23}, ν_4.

Spectre de $GeCl_3Br$: Dans les spectres des mélanges très riches en $GeCl_4$, 4 fréquences nouvelles se détachent bien de celles de $GeCl_4$. On observe de plus une déformation de la fréquence ν_{234} de $GeCl_4$. Cette déformation met en évidence l'existence d'une raie appartenant à $GeCl_3Br$, très voisine de la raie ν_{234} de $GeCl_4$ mais un peu plus proche de l'excitatrice ; on a donc identifié

5 sur 6 des fréquences prévues. La raie manquante est probablement faible et doit être située entre 160,5 et 172 cm^{-1}.

Spectre de $GeClBr_3$: Ici encore 4 raies se détachent nettement de celles de $GeBr_4$; une déformation de la fréquence ν_{234} de $GeBr_4$ prouve l'existence dans cette région d'une fréquence appartenant à $GeClBr_3$, la sixième raie doit être située entre 112 et 137 cm^{-1}, une raie 122 cm^{-1} existe dans cette région, mais, faible, elle ne s'observe que sur des clichés où la fréquence ν_1 de $GeCl_2Br_2$ commence à être visible et est donc moins sûre que les autres raies. Ici encore 5 au moins des 6 raies sont identifiées.

Spectre de $GeCl_2Br_2$:

L'édifice ayant la symétrie C_{2v} le spectre devrait comporter 9 raies. Du fait de la complexité des spectres étudiés, 7 seulement sont identifiées.

Les résultats sont consignés dans le tableau. Ils sont tout à fait comparables à ceux obtenus pour les chlorobromures de silicium (6) et d'étain.

L'existence des trois chlorobromures de germanium est donc certaine. Comme ils se forment en équilibre entre eux et avec les halogénures purs par le simple mélange de ces derniers, il sera impossible de les isoler à l'état de pureté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les zones de formation des nitrates basiques de magnésium de* 25° *à* 125°. Note de Mme **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons établi précédemment qu'à partir de magnésie et de solutions de nitrate de magnésium, on pouvait obtenir d'une part, à la température d'ébullition, le composé $(NO_3)_2Mg$, $4Mg(OH)_2$ (1), et d'autre part, à la température de 25°, les sels $(NO_3)_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ et $(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ (2),

L'étude systématique des zones de formation des nitrates basiques aux températures comprises entre 25° et 125° a donné les résultats suivants :

A 50°, la durée des essais étant de un mois, nous avons vu apparaître successivement en fonction de la concentration en nitrate de magnésium, l'hydroxyde $Mg(OH)_2$ de 0 à 3,25 mol/l, le sel basique $(NO_3)_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ de 3,25 à 3,37 mol/l et, à partir de cette concentration jusqu'à la saturation, le composé $(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$.

A 75°, les équilibres étant établis au bout de 15 jours, nous avons obtenu de la magnésie jusqu'à la concentration de 3,25 mol/l, entre cette valeur et 4 mol/l, le sel $(NO_3)_2Mg$, $4Mg(OH)_2$ et, de 4,0 à 4,75 mol/l; le composé

(6) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 335.

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 840.

(2) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 846.

$(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$; ensuite apparaît un produit présentant un spectre de rayons X nouveau.

A 100°, la durée des essais étant de 15 jours, le domaine de la magnésie s'étend de 0 à 3,5 mol/l, celui de $(NO_3)_2Mg$, $4Mg(OH)_2$ de 3,5 à 4,5 mol/l.

Au delà, nous retrouvons le composé nouveau.

Ce dernier est encore obtenu à 125° dans des essais de durée égale à 5 jours, en solution très concentrée (supérieure à 6 mol/l). Dans les solutions moins concentrées, s'étend la zone de formation du sel $(NO_3)_2Mg$, $4Mg(OH)_2$, et à partir de 3,4 mol/l, jusqu'aux solutions les plus diluées, celle de l'hydroxyde.

La méthode des restes qui a pu être appliquée dans le cas des solutions concentrées à 75° et 125°, confirme les valeurs analytiques déterminées directement sur le sol nouveau, lavé à l'alcool, séché dans un dessiccateur à anhydride phosphorique, soit :

$$\frac{(NO_3)_2}{Mg} = 0,333, \qquad \frac{H_2O}{Mg} \neq 1,33.$$

Nous pouvons donc attribuer à ce composé la formule $(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$. Il ne diffère du sel basique obtenu à plus basse température dans les solutions les plus concentrées, lavé et séché dans les mêmes conditions que par son degré d'hydratation.

Ainsi, la zone de formation du composé $(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $4H_2O$ se déplace vers les fortes concentrations quand la température s'élève. A partir de 75°, il se présente sous un degré d'hydratation différent correspondant à la formule $(NO_3)_2Mg$, $2Mg(OH)_2$, $2H_2O$.

Le sel $(NO_3)_2Mg$, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ possède un domaine d'existence très réduit de 25° à 50° et disparaît complètement à 75°.

La zone de formation du composé $(NO_3)_2Mg$, $4Mg(OH)_2$ commence vers 75° et croît en fonction de la température.

En résumé, dans l'ensemble, les zones de formation des nitrates basiques et de l'hydroxyde de magnésium, se développent en fonction de la température, conformément aux considérations générales sur l'hydrolyse : les composés les plus basiques et les moins hydratés dominent à mesure que la température et la dilution croissent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interaction entre l'acide nitrique et l'ion* NO_3^-. *Complexe* $NO_3^-(NO_3H)^2$. Note de MM. **Jean Chedin** et **Robert Vandoni**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une communication précédente (1) on a établi que les solutions de nitrates alcalins dans NO_3H à 100 % contiennent un complexe entre solvant et corps dissous. On précise dans ce qui suit la formation du complexe.

(1) J. Chedin, R. Leclerc et R. Vandoni, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 734-736.

Dans le tableau placé ci-après, figurent les tensions de vapeur de NO_3H (p_{NO_3H}) sur les solutions, en fonction de la concentration en NO_3K dissous. Mesures faites à 25° par une méthode dynamique déjà décrite ([2]). E. Groschuff ([3]) a trouvé dès 1904 en étudiant les points de congélation des mêmes mélanges, qu'il existe deux composés solides cristallins : $2NO_3H.NO_3K$ et $NO_3H.NO_3K$, dont le premier fond à 22°.

Nous allons montrer qu'en solution existe essentiellement le complexe $NO_3K(NO_3H)^2$, qu'il faut d'ailleurs écrire $NO_3^-(NO_3H)^2$, K^+, car NO_3K se dissout dans NO_3H pur en s'ionisant (spectre Raman). La réaction de di-solvatation de l'ion NO_3^- s'écrit alors

$$(1) \qquad 2NO_3H + NO_3K \rightleftharpoons NO_3^-(NO_3H)^2 + K^+.$$

Considérons le mélange de proportions stœchiométriques

$$1\,NO_3H + r_1\,NO_3K$$

(saturation à 25° pour $r_1 = 0,65$). Si, dans ce mélange, la réaction (1) se fait x fois vers la droite, sa composition vraie est

$$(2) \qquad (1-2x)\,NO_2OH + (r_1 - x)\,NO_3K + x[NO_3^-(NO_3H)^2] + xK^+.$$

Nombre total de particules : $1 - 2x + r_1 - x + 2x = 1 + r_1 - x$.

On peut tenir pour vraisemblable que, dans la solution ainsi écrite, le coefficient d'activité des molécules NO_2OH non associées en complexe est voisin de 1, étant donné la constante diélectrique certainement très élevée de telles solutions et, d'autre part, les cas déjà nombreux de mélanges dans lesquels la loi d'idéalité s'est trouvée vérifiée pourvu qu'ils soient exprimés en fonction de leurs constituants, ([4]), ([5]), ([6]). On doit alors avoir, en désignant par α_N l'activité thermodynamique de NO_3H dans le mélange

$$(3) \qquad \alpha_N = C_N,$$

C_N étant la concentration moléculaire de NO_3H libre, soit

$$(4) \qquad C_N = \frac{1 - 2x}{1 + r_1 - x}.$$

Les tensions de vapeur permettent de déterminer expérimentalement l'activité α_N qui est le rapport p/p_0, p et p_0 tensions de vapeur de l'acide nitrique sur le mélange $(1, r_1)$ et de NO_3H pur à la même température.

([2]) R. Vandoni, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 31, 1944, p. 83.
([3]) *Ber.*, 37, 1904, p. 1486.
([4]) J. Chedin, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 31, 1944, p. 43.
([5]) *Ibid.*, 32, 1945, p. 77.
([6]) J. Chedin et R. Vandoni, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, 31, 1944, p. 83.

L'équation d'action de masse relative à la réaction 1 s'écrit

$$\frac{x^2(1-r_1-x)}{(r_1-x)(1-2x)^2}=K. \qquad (5)$$

Le tableau ci-contre compare les valeurs expérimentales $\alpha_N = p/p_0$ avec les valeurs calculées pour $K = 77$ dans les solutions de NO_3K dans NO_3H à 100 %.

Pour un mélange donné $(1, r_1)$, l'équation (5) permet de calculer x; C_N, c'est-à-dire α_N théorique, se déduit de (4).

NO_3K% en poids.	NO_3K% molécules.	r_1.	$p_{NO_3H}(25^\circ)$ p_0(mm).	x.	α_N. calculé (C_N).	α_N. expérimental p/p_0.
0	0	0	60,8	0	1	1
15,1	10	0,11	49	0,08	0,81	0,81
28,6	20	0,25	32,7	0,25	0,50	0,54
35	25	0,33	21,6	0,32	0,35	0,35
44	33	0,49	11,3	0,41	0,17	0,18
51	39,5	0,65	6	0,44	0,10	0,10

On constate l'accord très satisfaisant, qui confirme les hypothèses ci-dessus. La réaction (1) est très fortement déplacée vers la droite; elle est presque totale jusqu'à $r_1 = 0,33 (x = 0,32)$.

Les nitrates de sodium et d'ammonium, donnent lieu au même phénomène, ainsi que d'autres sels (sulfates par exemple). Dans tous les cas il y a formation d'un complexe maintenu par une ou des liaisons hydrogène, établies entre l'acide solvant et les cations du sel dissous (NO_3^-, SO_4^{--}, ...) qui jouent par rapport à lui le rôle de base.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultrasons sur les suspensions. Influence de la concentration des particules.* Note de M. **André Dognon** et Mlle **Y. Simonot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On sait qu'une suspension diluée d'hématies en solution isotonique est hémolysée très rapidement par des ultrasons de faible énergie.

L'un de nous [1] a montré autrefois que cet effet, par ailleurs lié à la cavitation, disparaissait lorsque la concentration des hématies dépassait une certaine valeur (de l'ordre de 1/50). Nous nous sommes proposé de rechercher la cause de ce curieux phénomène.

Les considérations d'énergie globale ne sont pas en jeu : dans une suspension incapable d'hémolyser, des mesures thermo-électriques montrent que l'échauffement est seulement un peu inférieur à celui que l'on observe dans l'eau ou dans les suspensions diluées.

---

[1] A. Dognon, E. et H. Biancani, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2168.

L'observation d'une suspension dont la concentration en hématies est légèrement inférieure au seuil critique, montre que l'hémolyse est retardée, et survient brusquement en même temps qu'un changement de régime, qui devient tourbillonnaire, et que la cavitation. Au delà de la concentration-seuil, celle-ci paraît toujours manquer.

Pour pouvoir l'affirmer, nous avons étudié le comportement, en présence de suspensions assez concentrées (1/10 environ), de réactions colorées connues comme liées à la cavitation. Nous avons choisi l'oxydation du leuco-bleu de méthylène en présence d'une suspension de levures, de fleur de soufre, et d'huile de paraffine. On observe dans tous les cas que la réaction de bleuissement, presque complète en une minute, lorsque les ultrasons agissent en l'absence des particules, est pratiquement bloquée par la présence de celle-ci, dans les conditions précédentes de concentration, même après dix minutes d'action. D'une façon analogue, une petite quantité d'hématies n'hémolyse pas en présence de ces mêmes suspensions.

En conclusion, nous pensons que l'absence d'hémolyse dans un milieu assez concentré en hématies, est liée à l'absence de cavitation dans ce type de suspensions. Il reste à chercher la raison de ce dernier phénomène, qu'il faut peut-être apparenter à l'impossibilité d'obtenir toute lyse ou réaction chimique en goutte plate ou en tube capillaire.

ÉLECTROCHIMIE. — *Repérage des ménisques et mesure de la conductibilité en chaque point d'un diagramme d'électrophorèse.* Note (*) de MM. **Serge de Mende** et **Jean Vergnolle**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les méthodes actuelles d'électrophorèse reposent sur l'observation du déplacement, sous l'action d'un champ électrique, des ménisques formés par les constituants d'un mélange de grosses molécules. La différence des indices de réfraction qui permet de suivre optiquement le phénoméne nécessite un dispositif délicat et onéreux. La méthode présentée permet de déceler les éléments constitutifs du mélange à partir de mesures de conductibilité; elle a l'avantage de n'utiliser qu'un appareillage électrique courant.

Sur la figure 1, xx' représente l'axe longitudinal du tube de section s où la résistivité du liquide est une fonction $\rho(x)$; la résistance de la colonne liquide comprise entre les sections A et B est

$$R_{AB} = \frac{1}{s}\int_A^B \rho\, dx = \int_A^B r\, dx \qquad \text{avec} \quad \rho = rs.$$

Si le liquide subit un déplacement δx, la variation de résistance est

$$\delta R_{AB} = (r_A - r_B)\,\delta x.$$

(*) Séance du 22 novembre 1948.

Ayant tracé la courbe de la fonction $R_{AB}(x)$ obtenue en mesurant R_{AB} au cours du déplacement du liquide, la dérivée $dR_{AB}/dx = r_A - r_B$ permet d'atteindre r_B si les ménisques, dans leur déplacement, n'ont pas atteint A. On a alors

$$r_A = \text{const. (connue)}.$$

A cet effet, la cellule d'électrophorèse est munie de deux électrodes auxiliaires E et E' et de deux sondes S_A et S_B de petites dimensions, en platine

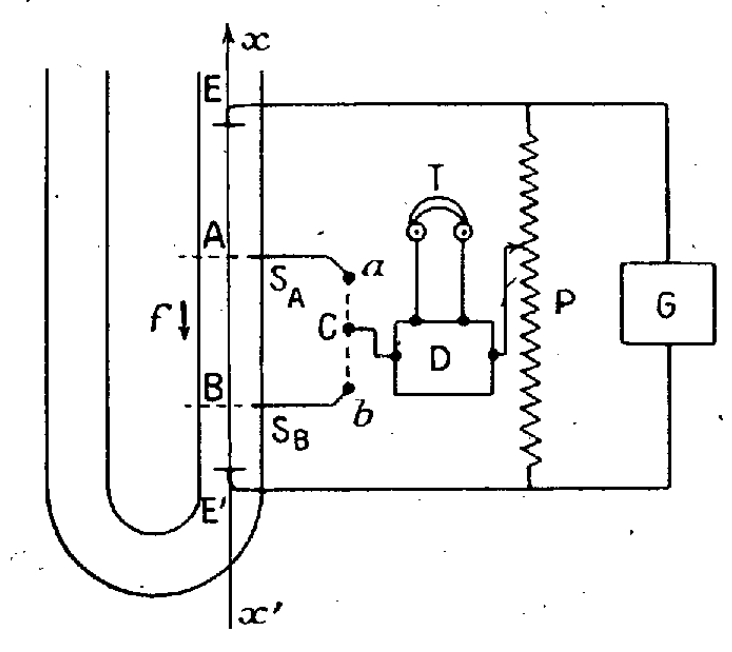


Fig. 1. — T, téléphone relié à l'amplificateur D pour la détection; P, pont à fil; G, générateur à lampes à fréquence musicale; *f*, flèche indiquant le sens du courant liquide.

platiné. Ces dernières définissent les deux sections fixes A et B. Un tel dispositif permet d'avoir des lignes de courant rigoureusement parallèles à l'axe xx' aux niveaux A et B.

L'électrophorèse une fois terminée, les ménisques doivent se trouver formés entre A et B, le tampon pur baignant constamment A et les parties supérieures. Lorsque, grâce à un courant liquide (le champ électrique étant coupé), on provoque un déplacement de l'ensemble, on amène les ménisques à défiler successivement devant la sonde S_B; dans ces conditions la portion de liquide comprise entre A et E conserve une résistance constante, mais la résistance de la section AB varie. En équilibrant le pont de mesure pour chaque valeur de x, le commutateur C étant placé successivement en *a* et *b*, on atteint la valeur du rapport

$$\frac{(R_{EB} - R_{EA})}{R_{AE}} = \frac{R_{AB}}{R_{AE}}.$$

L'étalonnage peut s'effectuer en mesurant ce rapport quand tout le tube est rempli de tampon homogène et en déterminant la conductibilité de ce dernier par la méthode classique.

Il est à noter que, si la température est la même en tout point de la cellule (condition indispensable), et sensiblement constante pendant tout le temps que dure l'obtention des deux équilibres du pont, sa variation lente au cours de l'expérience n'affecte pas la valeur du rapport R_{AB}/R_{AE}.

A titre d'exemple, nous joignons deux courbes obtenues avec des solutions d'albumines dans un tampon au phosphate (pH 8,5, dialyse 24 heures).

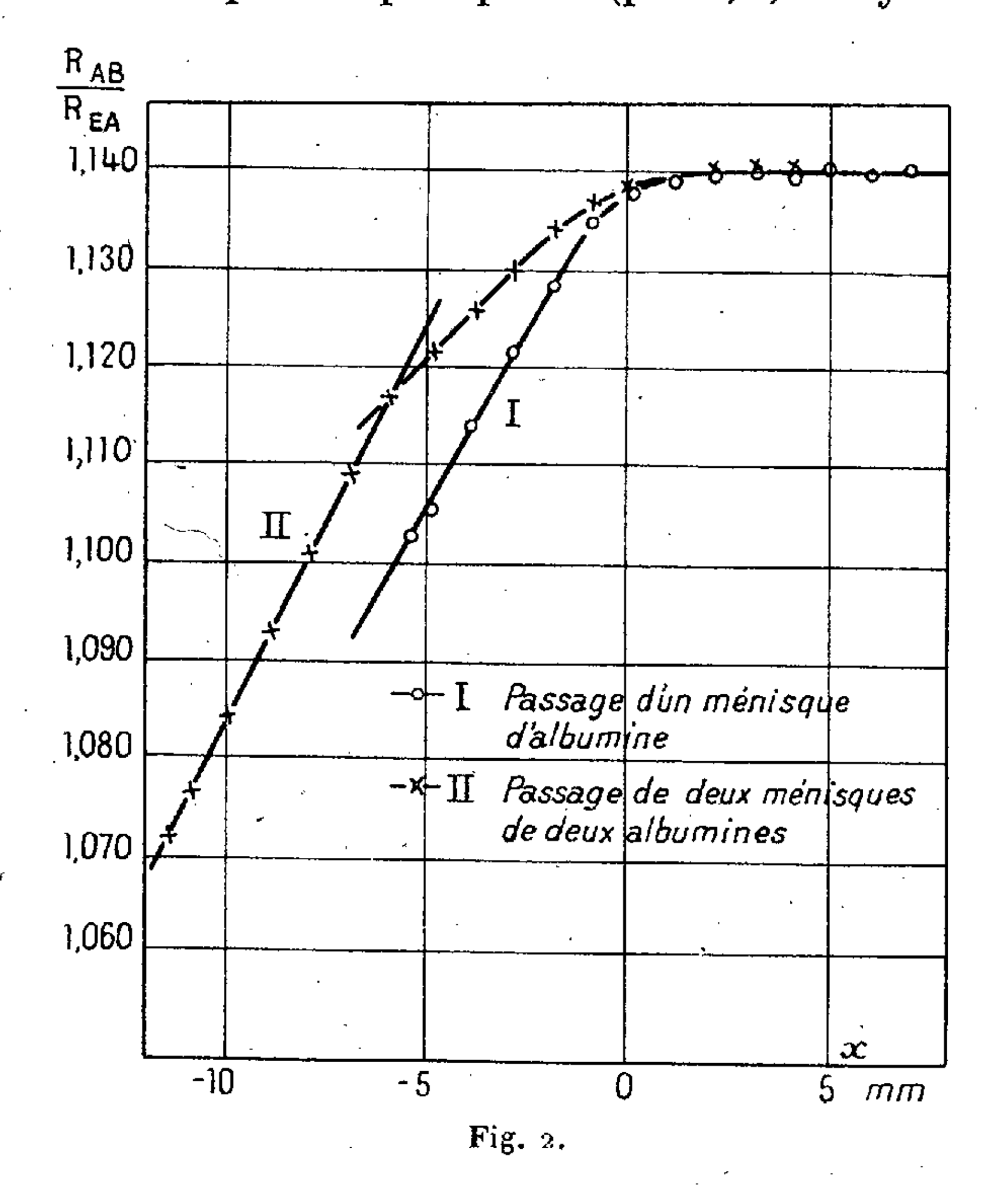


Fig. 2.

La première se compose d'une droite suivie d'un palier, se raccordant par une partie courbe correspondant au passage du ménisque en B et que l'on peut expliquer par l'étalement du gradient de conductibilité. La deuxième courbe comporte deux parties linéaires, dont les pentes sont relatives à chacun des constituants superposés, suivies d'un palier qui prend naissance dès que le dernier ménisque a quitté la sonde S_B.

Lors de ces expériences préliminaires, les ménisques étaient suivis optiquement par la méthode classique de Svensson et nous avons constaté que les deux modes opératoires donnaient des résultats concordants.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Application de la méthode des diagrammes moléculaires de mésomérie à l'étude de dérivés cycliques azotés.* Note (*) de Mlle **Monique Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une série de tels diagrammes (donnant la valeur des charges apparentes de chaque atome dues aux électrons π) a été déterminée en utilisant une méthode

(*) Séance du 18 octobre 1948.

devenue classique ([1]) et en admettant pour l'azote la valeur de base — 22/18.

Voici la numérotation adoptée et le tableau donnant pour chaque atome la valeur de la charge apparente due aux électrons π.

Numéro de la molécule.	Numéros des atomes.					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
I.......	−0,22	+0,075	0	+0,075	0	+0,075
II.......	+0,075	−0,15	−0,15	+0,075	+0,075	+0,075
III......	+0,15	−0,22	+0,15	−0,22	+0,15	0
IV......	−0,15	+0,075	+0,075	−0,15	+0,075	+0,075

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
V.......	−0,28	+0,08	0	+0,07	0	+0,042	0	+0,040	0	+0,042
VI......	+0,08	−0,26	+0,05	0	+0,040	0	+0,036	0	+0,044	0
VII......	−0,20	−0,18	+0,05	+0,07	+0,040	+0,042	+0,036	+0,040	+0,044	+0,042
VIII.....	−0,28	+0,132	−0,26	+0,140	0	+0,082	0	+0,076	0	+0,082
IX......	−0,21	+0,08	+0,08	−0,21	+0,042	+0,042	+0,040	+0,040	+0,042	+0,042

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
X.......	+0,020	0	+0,052	0	+0,058	−0,40	
XI......	−0,34	+0,078	0	+0,066	0	+0,036	0
XII......	+0,048	−0,31	+0,046	0	+0,32	0	+0,024
XIII....	+0,056	0	+0,088	−0,32	+0,050	0	+0,048
XIV.....	0	+0,062	−0,32	+0,090	0	+0,030	0
XV.....	0	+0,030	0	+0,046	0	+0,094	−0,32

([1]) *Voir* par exemple, R. Daudel et M. Martin, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 559.

Numéro de la molécule.	Numéros des atomes.						
	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
XI......	+0,022	0	+0,026	0	+0,034	0	+0,034
XII.....	0	+0,028	0	+0,028	0	+0,048	0
XIII....	0	+0,024	0	+0,022	0	+0,022	0
XIV.....	+0,030	0	+0,026	0	+0,030	0	+0,056
XV.....	+0,030	0	+0,048	0	+0,026	0	+0,036

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
XVI.....	+0,078	0	+0,088	−0,38	+0,052	0	+0,048	0	+0,032
XVII....	+0,088	−0,35	+0,056	0	+0,038	0	+0,029	0	+0,028
XVIII...	0	+0,048	0	+0,042	0	+0,075	0	+0,022	0
XIX.....	−0,38	+0,104	0	+0,090	0	+0,042	0	+0,022	0
XX......	+0,043	0	+0,050	0	+0,063	−0,44	+0,063	0	+0,055

	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
XVI.....	0	+0,018	0	+0,018	0	+0,022	0	+0,041	0
XVII....	0	+0,016	0	+0,016	0	+0,022	0	−0,048	0
XVIII...	+0,028	0	+0,031	0	+0,039	0	+0,074	−0,43	−0,062
XIX.....	+0,019	0	+0,020	0	+0,023	0	+0,040	0	+0,054
XX.....	0	+0,031	0	+0,028	0	+0,029	0	+0,072	0

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'introduction des structures ioniques en méthode des états de spin.* Note (*) de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

1° La méthode des états de spin dans sa forme actuelle ([1]) ne considère que des «fonctions d'état de spin» qui n'introduisent que le caractère «homopolaire» des liaisons, de telle sorte qu'elle néglige, comme la mésomérie, la possibilité de leur caractère «ionique». Le but de cette Note est de montrer qu'il est possible d'obtenir des expressions simples pour les éléments de matrice qu'on est amené à calculer lorsqu'on fait intervenir des fonctions d'ondes tenant compte des structures ioniques.

2° Nous ne considérerons que des substances conjuguées constituées de N atomes apportant chacun un électron π. Les fonctions d'état de spin usuelles sont des déterminants de Slater construits en supposant chaque orbite atomique π occupée par un seul électron. Le caractère ionique d'une liaison $a - b$ s'exprimera en introduisant de nouvelles fonctions d'état de spin dans lesquelles l'orbite a par exemple est inoccupée et l'orbite b occupée par deux électrons π de spin différents. La fonction d'ondes moléculaire π est alors une combinaison linéaire de toutes les fonctions d'état de spin dont on détermine les coefficients en résolvant l'équation séculaire classique. On est ainsi conduit à calculer des

(*) Séance du 3 novembre 1948.

([1]) R. Daudel, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 175-177; C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

éléments de matrice des types

$$(1)\quad (A|H|B)=\int \psi_A(x_1, \ldots, x_N; n_1, \ldots, n_N)\,H(x_1, \ldots, x_N)\psi_B(x_1, \ldots, x_N; n'_1, \ldots, n'_N)\,d\tau_1 \ldots, d\tau_N$$

et

$$(2)\quad (A|B)=\int \psi_A(x_1, \ldots, x_N; n_1, \ldots, n_N)\psi_B(x_1, \ldots, x_N; n'_1, \ldots, n'_N)\,d\tau_1 \ldots, d\tau_N$$

où ψ_A et ψ_B sont deux fonctions d'état de spin, H l'hamiltonien du système des N électrons π, x_i désigne l'ensemble des coordonnées d'espace et de spin du $i^{\text{ème}}$ électron et n_j l'ensemble des nombres quantiques caractérisant l'orbite j. Pour calculer (1) et (2) nous proposons de décomposer H en

$$(3)\qquad H=\sum_{i=1}^{N} H_i,$$

où H_i n'opère que sur les x_i.

Ceci revient à supposer les termes d'interaction $\sum_{k\neq i}\frac{e^2}{r_{ik}}$, du $i^{\text{ième}}$ électron avec les (N — 1) autres, remplacés par un champ moyen ne dépendant que des coordonnées de l'électron considéré. ψ_A et ψ_B étant des sommes algébriques de produits d'orbites atomiques il est alors possible de décomposer (1) et (2) en des sommes algébriques de produit d'intégrales des types

$$(\text{I})\quad \int \Phi_a(x_i, n_i)H_i\Phi_b(x_i, n'_i)\,d\tau_i \quad \text{et} \quad (\text{I}')\quad \int \Phi_a(x_i, n_i)H_i\Phi_a(x_i, n'_i)\,d\tau_i$$

$$(\text{II})\quad \int \Phi_a(x_i, n_i)\Phi_b(x_i, n'_i)\,d\tau_i \quad \text{et} \quad (\text{II}')\quad \int \Phi_a(x_i, n_i)\Phi_a(x_i, n'_i)\,d\tau$$

où Φ_k désigne l'orbite π de l'atome K. Pour rester dans le cadre des approximations usuelles nous admettrons :

a. l'orthogonalité des fonctions de spin;

b. que (I) et (II) sont négligeables lorsque a et b ne sont pas deux atomes adjacents.

Les intégrales ci-dessus ne sont donc différentes de zéro que lorsque les deux orbites qui y figurent ont mêmes nombres quantiques de spin. Grâce à la normalisation on a alors (II') ≡ 1 et nous posons

$$(\text{I})=\beta_{ab} \qquad (\text{I}')=q_a \qquad \text{et} \qquad (\text{II})=\Delta_{ab}.$$

Si l'on suppose les Δ_{ab}^2 négligeables, l'élément de matrice (A|H|B) s'exprime d'une manière générale comme somme de termes q, β, $\beta\Delta$ et $q\Delta$ et l'élément de matrice (A|B) comme somme de termes égaux à 1 ou aux Δ_{ab}. On peut alors dresser un tableau des valeurs des éléments de matrice (1) et (2) suivant les différentes configurations de spin.

3° Lorsque tous les atomes sont de même nature, tous les β_{ab} sont égaux et il

en est de même pour les q_a et les Δ_{ab}. Le nombre des paramètres arbitraires se réduit à 3. Il est d'ailleurs à noter que l'intégrale coulombienne Q et l'intégrale d'échange A de la mésomérie (ou des états de spin) ont alors pour expressions

$$Q = N_q \quad \text{et} \quad A = 2\beta\Delta. \tag{4}$$

Ces deux paramètres suffisent lorsqu'on ne tient pas compte des structures ioniques, car les éléments de matrice (1) ne font intervenir que les termes q et $\beta\Delta$ et les termes Δ qui n'apparaissent alors que par leurs carrés sont négligés dans (2).

4° Il est également à remarquer que les grandeurs (I) et (I′) sont précisément celles qu'utilisent les orbites moléculaires. Nous introduisons en plus les intégrales de recouvrement Δ qui nous permettent de faire la liaison, grâce à (4) avec les grandeurs de la mésomérie ([2]). Notre méthode apparaît ainsi comme une synthèse des orbites moléculaires et de la méthode des états de spin.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Relation entre p_k et polarisabilité mutuelle. Applications biologiques*. Note (*) de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Albert, Goldacre et Phillips ([1]) ont récemment insisté sur le fait que lorsqu'on place un substituant sur une molécule hétérocyclique azotée, la basicité de celle-ci augmente dans la mesure où la présence de ce substituant augmente la stabilité de l'ion basique par effet de résonance. Le raisonnement donné reste qualitatif et l'on peut lui donner une forme quantitative en disant : *dans la mesure où il existe une grande polarisabilité mutuelle entre l'azote hétérocyclique et le substituant.* Or la charge produite en un point B d'une certaine molécule où l'on vient de fixer un substituant par un hétéroatome placé en A donne une idée de la polarisabilité mutuelle qui existe entre A et B. On doit donc s'attendre à voir croître le p_k d'une base hétérocyclique substituée ([2]) en fonction de la charge en question.

Le tableau suivant compare cette charge avec le p_k.

On observe bien dans chaque série une augmentation régulière du p_k avec ladite charge. Ce fait entraîne une augmentation du p_k avec la valeur absolue de la charge de l'azote hétérocyclique et celle de l'azote aminée au sein de chaque série.

([2]) Le Professeur Mulliken a attiré l'attention sur l'inconvénient qu'il y a de négliger l'intégrale Δ en orbites moléculaires au cours du Colloque sur *La liaison chimique* qui s'est tenu à Paris en 1948.

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *Journal of the Chemical Society* (sous presse). Le manuscrit nous a été communiqué par les auteurs.

([2]) Par un substituant répulsif non acide sans doute.

Nom de la substance.	Charge créée par l'azote hétérocyclique sur l'atome où est placé le substituant — Mésomérie (3).	Orbites moléculaires (4).	p_k (5).
3 Amino pyridine	+0,000	+0,053	5,98
2 »	+0,075	+0,151	6,86
4 »	+0,075	+0,178	9,17
8 Amino quinoléine	+0,000	−0,003	3,99
3 »	+0,000	+0,022	4,95
5 »	+0,042	+0,042	5,46
6 »	+0,000	+0,011	5,63
7 »	+0,040	+0,053	6,65
2 »	+0,080	+0,211	7,34
4 »	+0,070	+0,228	9,17
1 Amino acridine	+0,000	−0,014	4,40
3 »	+0,000	+0,001	5,88
4 »	+0,020	+0,063	6,04
2 »	+0,052	+0,075	8,04
5 »	+0,092	+0,305	9,99
3 Amino 6-7 benzoquinoléine	+0,000	–	3,84
4 »	+0,066	–	8,75
4′ Amino 5-6 benzoquinoléine	+0,000	–	4,02
3′ »	+0,024	–	4,10
4 »	+0,056	–	7,99
7 Amino 3-4 benzacridine	+0,000	–	5,03
8 »	+0,050	–	6,51
5 »	+0,072	–	8,41
7 Amino 1-2 benzacridine	+0,000	–	4,05
8 »	+0,048	–	5,97
5 »	+0,075	–	8,13

Mais cette loi cesse d'être valable quand on passe d'une série à une autre, comme le montre le tableau ci-dessous :

Nom de la substance.	Charge de l'azote (4).	p_k (5)
Pyridine	−0,586	5,23
Isoquinoléine	−0,594	5,33
Quinoléine	−0,633	4,94
Acridine	−0,706	5,60

(3) M. MARTIN, *Comptes rendus* (sous presse), d'après R. DAUDEL et M. MARTIN, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 559.

(4) COULSON et LONGUET HIGGINS, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929. Quoique trop grandes, ces valeurs donnent une meilleure évaluation *relative* des polarisabilités mutuelles.

(5) Tous les p_k sont pris dans l'article cité de Albert, Goldacre et Phillips.

ce qui montre bien que le facteur charge n'est pas le plus fondamental et que l'effet de stabilisation est sans doute le plus important.

Étant donné que l'on a montré (⁶) une relation entre pouvoir bactéricide et p_k, on peut établir une relation entre le pouvoir bactéricide et les charges envisagées plus haut.

On observe une relation qui présente beaucoup d'analogie avec celle existant entre charge et pouvoir cancérigène, ce qui permet de penser qu'on pourrait établir une relation entre le p_k des bases polycycliques et leur pouvoir cancérigène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Titrage potentiométrique du nitrate de plomb par la soude.* Note (*) de MM. **Max Geloso** et **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

La précipitation des nitrates basiques de plomb par action de la soude sur une solution de nitrate neutre a fait l'objet de nombreuses études, mais un accord définitif n'est pas encore intervenu sur la formule de ces sels [(1) à (4)]. Nombre d'auteurs ont déterminé la composition des précipités en examinant les variations des propriétés de la solution surnageante pendant les opérations de titrage. En particulier, on admet que, lorsqu'il y a variation brusque de la concentration en ions H^+ ou de celle des cations métalliques en solution, cette variation correspond à un composé défini. C'est ainsi que les courbes de titrage exprimant les variations du pH et de la concentration en plomb de la solution en fonction du nombre d'équivalents de soude, révèlent de brusques sauts de potentiel dont les abscisses correspondent exactement à 1 et 1,5 équivalent d'alcali.

Nous avons préparé une série de flacons paraffinés contenant un volume constant (100^{cm^3}) de nitrate de plomb pur 0,05 M, la soude 2,5 N (5) est introduite goutte à goutte sous un fort barbotage d'azote afin d'éviter une trop grande concentration locale du réactif (6); l'équilibre solide-solution était atteint après 24 heures d'agitation énergique. Sur chaque solution, nous avons effectué les mesures suivantes :

1° Mesure du pH à l'électrode de verre, effectuée très rapidement sous barbotage d'azote afin d'éviter autant que possible la carbonatation.

(6) Albert et all., *British Journal of Experimental Pathology*, 23, 1942, p. 95.

(*) Séance du 15 novembre 1948.

(1) A. Berton, *Bull. Soc. Chim.*, 3-4, 1947, p. 289.

(2) H. Guiter, *Id.*, 1-2, 1946, p. 60.

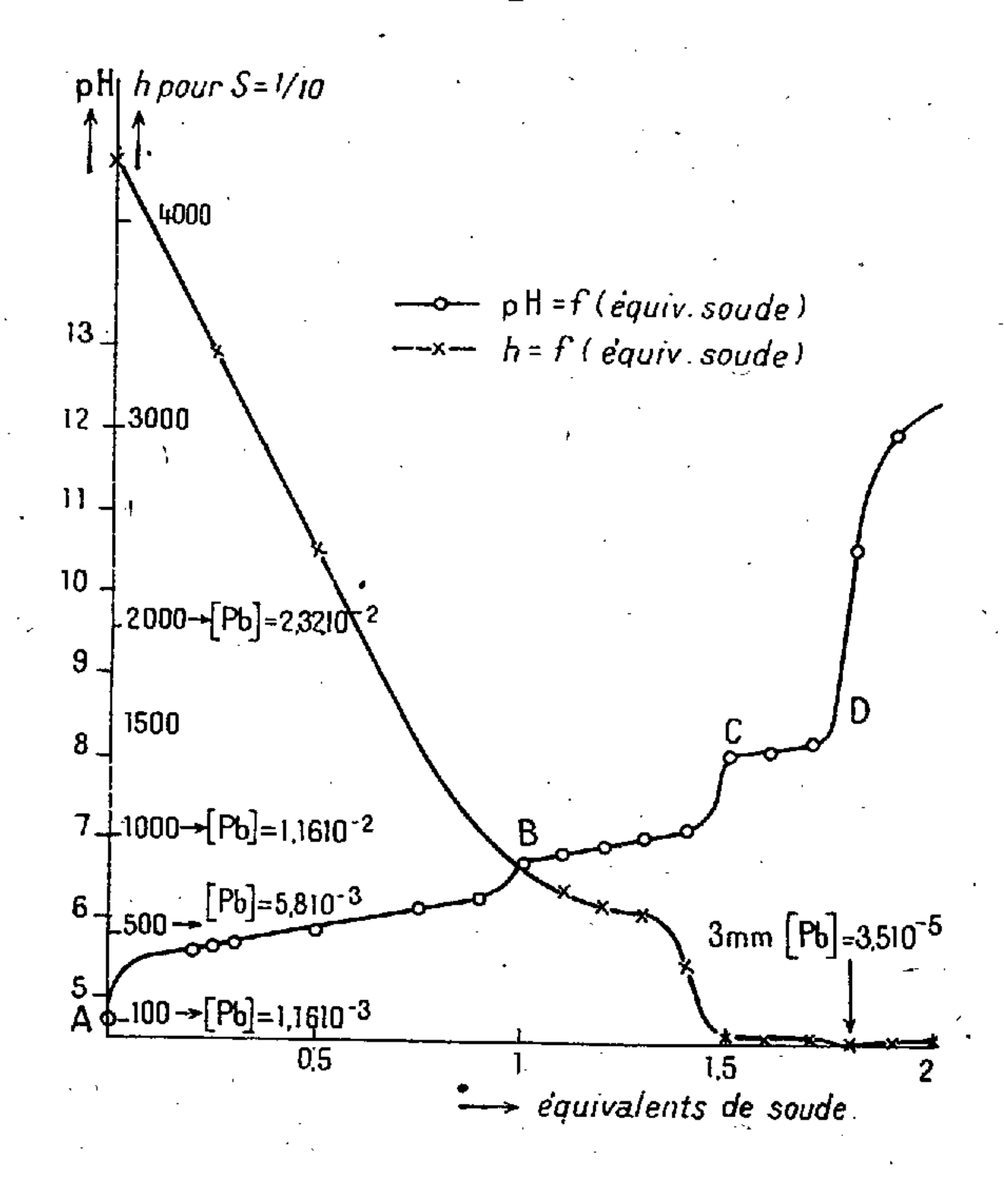
(3) J. Bye, *Id.*, 3-4, 1947, p. 198.

(4) J. Bye, *Id.*, 3-4, 1947, p. 205.

(5) Dans ces conditions l'augmentation de volume est négligeable.

(6) Toutes précautions contre le CO^2 de l'air ont été prises.

2° Mesure au polarographe de la teneur en plomb total. Dans ce but, on prélève 15^{cm^3} de chaque solution préalablement filtrée, on ajoute 3^{cm^3} de lessive de soude 10 N, 2^{cm^3} de sulfite de soude saturé et 5^{cm^3} de gélatine à 2 $^0/_{00}$. Le dosage polarographique du plomb donne dans ces conditions des résultats très satisfaisants. Désignons par h les hauteurs des paliers obtenus au polarographe, proportionnelles à la concentration du plomb en solution.



On observe un parallélisme certain dans l'allure générale des deux courbes pH $= f$ (équivalents soude) et $h = \varphi$ (équivalents de soude) et notamment l'identité des abscisses des différents sauts de potentiel. A chaque portion de courbe correspond un aspect caractéristique du précipité :

1° Portion AB : coexistence du sel soluble d'origine et du nitrate *diplombique* $(NO_3)_2Pb$, $Pb(OH)_2$ à l'état pur en B ([7]); précipité cristallin très volumineux et léger, solubilité de l'ordre de 8.10^{-3} atome Pb/litre.

2° Portion BC : coexistence de deux sels peu solubles nitrate *diplombique* et nitrate *tétraplombique* $(NO_3)_2Pb$, $3Pb(OH)_2$ à l'état pur en C; précipité granuleux, peu volumineux, assez léger; solubilité de l'ordre de 3.10^{-4} atome Pb/litre.

3° Portion CD : coexistence du nitrate *tétraplombique* et d'un sel plus

---

([7]) Nous expliquerons ailleurs pourquoi le point de *rebroussement* B, à partir duquel une nouvelle phase apparaît, doit être choisi comme point d'équivalence.

basique mal défini ([8]); précipité peu volumineux, très fin et lourd. Au delà de D : redissolution du précipité sous forme de plombite PbO_2H^-. Conformément à de nombreux auteurs aucun point remarquable ne semble révéler la formation de l'hydroxyde.

D'autre part, lorsque les précipitations ont lieu dans un milieu contenant un corps à fort poids moléculaire comme la gélatine ([9]), les points d'équivalence se situent en deçà des points théoriques. Un phénomène se produit en présence d'un électrolyte étranger indifférent comme NO_3K, 1 N. L'interprétation de courbes de titrage, basée sur la position des points d'équivalence, doit donc être prudente. Nous étudierons dans un travail ultérieur le rôle de la force ionique du milieu.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés des arséniates de cuivre en relation avec leurs préparations.* Note de M. **Robert Mas**, présentée par M. Paul Lebeau.

Après avoir établi le diagramme d'équilibre du système As_2O_5—OCu—OH_2 à la température ordinaire ([1]) et défini les domaines d'existence des sels $2As_2O_5.OCu.5OH_2$, $2As_2O_5.OCu.7OH_2$ (pH < 1), $As_2O_5.2OCu.3OH_2$ (pH < 2,8), $As_2O_5.3OCu.4OH_2$ (2,8 < pH < 3,2), $As_2O_5.4OCu.OH_2$ (pH > 3,2), $2As_2O_5.5OCu.10OH_2$ (métastable) (2,8 < pH < 4,6), nous avons voulu tenter d'expliquer les échecs des auteurs qui avaient voulu préparer *à froid* les divers arséniates de cuivre par double décomposition.

Dans ce but, nous avons procédé à des essais systématiques de précipitation en milieux de pH variés, en ajoutant à des solutions de divers sels de cuivre : chlorure, sulfate ou nitrate, amenées au pH 1 par addition d'acide arsénique, des quantités croissantes de solutions de soude, de potasse ou d'ammoniaque. L'analyse des diverses phases solides qui précipitaient successivement nous a permis d'établir les résultats suivants :

1° *Chlorure de cuivre et soude.* — Le biarséniate pentacuprique qui commence à précipiter à pH 2,6 se transforme presque aussitôt en sel double : $2As_2O_5.5OCu.ClNa\,aq$. Ce dernier sel se forme immédiatement pour des pH supérieurs à 5; au delà de pH 7 l'hydroxyde de cuivre apparaît.

Des résultats comparables sont obtenus avec la potasse et l'ammoniaque.

2° *Sulfate de cuivre et soude.* — Pour des pH compris entre 2,8 et 4,6, le biarséniate pentacuprique qui précipite est encore stable; les solutions de pH

([8]) Ce sel pourrait être $(NO_3)_2Pb, 9Pb(OH)_2$, soupçonné par Berton. Aucun point caractéristique ne permet de conclure à la formation des sels $3(NO_3)_2Pb, Pb(OH)_2$ (J. Bye et A. Berton) ou $(NO_3)_2Pb, 2Pb(OH)_2$ (J. Bye).

([9]) Nécessaire pour avoir des courbes correctes (suppression des maxima).

([1]) H. Guérin et R. Mas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1615-1616.

compris entre 4,6 et 7 fournissent des sels doubles du type

$$(2As_2O_5.5OCu)_m(As_2O_5.pONa_2)_n + Aq;$$

mais avec des solutions plus basiques il apparaît de l'hydroxyde de cuivre. La potasse agit d'une façon analogue.

3° *Sulfate de cuivre et ammoniaque.* — L'arséniate bicuprique, qui se forme dès que le pH de la solution atteint la valeur 2, reste stable si le pH est maintenu inférieur à 2,8; pour des pH compris entre 2,8 et 5, il se transforme en biarséniate pentacuprique qui, laissé au contact des eaux-mères, fournit à son tour, d'autant plus rapidement que le milieu est moins acide, un sel double : $2As_2O_5.5OCu.O(NH_4)_2aq$. Au delà de pH5, l'arséniate bicuprique donne un arséniate de cuivre dont la composition répond à la formule $As_2O_5.5OCu.5OH_2$, identique à celle de la *cornwallite*, minéral dont la synthèse minéralogique n'avait pas été faite jusqu'ici. En présence de solutions très ammoniacales (plus de 24^g,6 de NH_3 par litre), cet arséniate de cuivre se transforme en un sel double : $As_2O_5.3OCu.O(NH_4)_2aq$.

4° Signalons, d'autre part, que des essais de double décomposition entre le nitrate de cuivre et les divers arséniates de calcium conduisent *après des temps très longs* aux différents arséniates de cuivre caractérisés dans le diagramme.

Ces essais montrent la tendance marquée qu'ont les arséniates à fournir des sels complexes avec les chlorures alcalins (du type des chloroapatites arséniées), et des sels doubles de constitution plus ou moins complexe avec les éléments alcalins.

Quant aux préparations des divers arséniates de cuivre, nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

Par double décomposition entre les arséniates alcalins et les sels de cuivre : chlorure, sulfate ou nitrate, on ne pourra donc préparer ni les arséniates tétra et tricupriques dont les domaines d'existence se superposent à ceux des sels doubles ou du biarséniate pentacuprique, qui apparaissent les premiers, ni les arséniates acides dont les zones de stabilité sont caractérisées par des pH trop faibles.

Seuls, le biarséniate pentacuprique et, dans des conditions tout à fait particulières : précipitation de solutions de sels de cuivre par l'ammoniaque dans des limites de pH très restreintes, pH de 2 à 2,8, l'arséniate bicuprique peuvent être aussi obtenus.

On préparera donc plus facilement les arséniates de cuivre, en faisant agir dans des proportions calculées à partir du diagramme d'équilibre, de l'acide arsénique soit sur de l'hydroxyde de cuivre, soit sur de l'arséniate tétracuprique, ce dernier sel, qui constitue le produit de l'hydrolyse des divers arséniates de cuivre, se formant très facilement dans les doubles décompositions *à chaud*.

MÉTALLOGRAPHIE. — *La structure et l'oxydation des surfaces d'aluminium polies électrolytiquement*. Note de M. **Heinz Raether**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans un précédent travail nous avons montré par diffraction électronique (1) que la surface d'un métal polie électrolytiquement selon la méthode de Jacquet (2) est privée de son derme écroui et ainsi montre la structure de l'intérieur du métal. Quant à la topographie de la surface, celle-ci est faiblement ondulée et possède une rugosité qui ne dépasse pas quelques distances inter-atomiques. Cette planéité à l'échelle atomique s'exprime dans le diagramme de diffraction par le phénomène de réfraction.

Mais récemment plusieurs auteurs (3) ont publié un résultat différent : la surface d'aluminium polie électrolytiquement serait couverte d'une couche d'alumine caractérisée par un diagramme à larges anneaux.

Aussi nous avons repris l'étude de diffraction électronique des monocristaux d'aluminium polis électrolytiquement et examiné leur oxydation en comparant les diagrammes de diffraction par réflexion et le potentiel de dissolution, qui est, d'après les travaux de Chaudron, Lacombe et Morize (4) un indicateur sensible à l'oxydation de ce métal.

Cette étude confirmant les premiers résultats de l'auteur et ses collaborateurs (1) donne les résultats suivants : les échantillons d'aluminium (99,995 %) monocristallins, sortis du bain de polissage [acide perchlorique-anhydride acétique 1:3, température $< 22°C$ (2)], rincés à l'acétone et à l'alcool et immédiatement transportés dans l'appareil, donnent le diagramme de diffraction d'aluminium monocristallin très contrasté, formé des taches allongées et des lignes de Kikuchi. La valeur du potentiel de dissolution est -1180 ± 60 mV, en accord avec celui mesuré par Morize (4) (-1200 mV environ). Nous n'avons jamais observé des anneaux d'alumine. Sur 40 expériences, seuls deux échantillons n'ont donné qu'un diagramme à fond continu, sans anneaux d'alumine.

Si les cristaux polis électrolytiquement sont exposés à l'air, sec ou humide, au moins un mois, l'image de diffraction reste la même, mais le contraste entre

---

(1) W. Kranert, K. H. Leise et H. Raether, *Z. f. Physik*, **122**, 1944, p. 248; H. Raether, *Métaux et Corr.*, **22**, 1947, p. 2.

(2) *Le polissage électrolytique des surfaces métalliques et ses applications*, Saint-Germain-en-Laye, 1948.

(3) L. de Brouckere, *J. Inst. Mét.*, **71**, 1945, p. 137; J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1102; *voir* aussi la discussion par P.-A. Jacquet, *Mét. et Corr.*, **23**, 1948, p. 12.

(4) *C. R. des Journées des États de Surfaces*, Paris, 1945, p. 242; P. Morize, *Mét. et Corr.*, **23**, 1947, p. 71.

les taches et le fond est diminué. La couche d'alumine qui se forme est donc tellement mince que le diagramme du monocristal reste bien visible et qu'elle ne donne pas son propre diagramme.

Nous avons couvert les échantillons polis électrolytiquement par des couches d'alumine d'une épaisseur contrôlable de 10 à 100 Å, à l'aide d'oxydation anodique. Par comparaison avec les échantillons couverts d'une couche naturelle d'alumine formée sur les surfaces monocristallines d'aluminium, nous avons déduit l'épaisseur de cette couche naturelle : elle est de 30 à 50 Å au bout de 40 jours.

Quand après polissage on plonge l'échantillon d'aluminium dans l'eau distillée, il se forme après quelques jours une couche d'épaisseur supérieure à 80 Å qui masque le diagramme d'aluminium monocristallin et qui donne parfois un diagramme d'alumine à larges anneaux.

Le potentiel de dissolution des échantillons, exposés à l'air une dizaine de jours (épaisseur de la couche d'alumine 30-50 Å, diagramme d'aluminium bien visible), est 760 ± 50 mV. On obtient la même valeur sur les surfaces couvertes par des couches d'alumine plus épaisses (80-100 Å). Il s'ensuit que le potentiel de dissolution monte de -1200 mV à -760 mV environ pendant que la couche d'alumine croît jusqu'à 50 Å à peu près; en même temps le diagramme de diffraction (Al monocristallin) ne montre qu'une augmentation d'intensité du fond continu. Si l'épaisseur dépasse 50 Å environ ([5]), le potentiel reste à peu près constant (760 mV), mais le fond continu croît jusqu'à ce que le diagramme d'aluminium monocristallin ait disparu (épaisseur de la couche d'alumine 80 Å environ).

On peut enlever la couche d'alumine en attaquant la surface oxydée par le bain phospho-chromique ([6]). Ainsi une surface qui était couverte d'une couche d'alumine suffisamment épaisse (>80 Å) pour masquer le diagramme d'aluminium monocristallin, donne après cette attaque le diagramme d'aluminium. Le fait que les taches d'interférence gardent la longueur qu'elles avaient avant l'oxydation montre que le bain n'enlève vraiment que l'alumine sans changer la microgéométrie de la surface à l'échelle atomique.

Au sujet de l'état chimique de la surface d'aluminium après le polissage dans le bain perchlorique-acétique, la diffraction électronique ne peut pas discerner sur la surface polie une couche d'alumine ou de molécules adsorbées dont l'épaisseur serait de quelques dizaines d'Å. La mesure du potentiel de dissolution, bien que très sensible dans cette région à des variations d'épaisseur de cet ordre de la couche d'oxyde, ne permet pas, toutefois, de décider si le potentiel initial de -1200 mV environ correspond vraiment à l'aluminium nu.

([5]) Wiederholt, Duffek et Volmer, *Korr. u. Metallschutz.*, **18**, 1942, p. 37.

([6]) Une telle épaisseur de couche peut être obtenue par l'oxydation anodique.

Ces résultats ne sont plus valables pour d'autres bains de polissage. Ainsi avec un mélange phospho-chromique, la diffraction électronique, comme le potentiel de dissolution, montrent que la couche superficielle d'oxyde, immédiatement après polissage, a une épaisseur de 50 à 80 Å (diagramme d'aluminium juste visible, pas d'anneau d'alumine, potentiel 760 mV).

Des discussions plus détaillées seront présentées dans un autre recueil.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les charbons de la région de Contrexéville.* Note de M. **Henri Guérin** et Mme **Marthe Bastick**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les combustibles solides de la région de Contrexéville, insérés dans des terrains du keuper (trias) et classés, de ce fait, comme lignites par l'Administration des mines, sont considérés par Ricour [1] comme des houilles triasiques, de formation allochtone, constituées essentiellement par du vitrain. Très riches en soufre et en matières minérales, ces charbons, surtout utilisés en période de crise, ne semblent pas avoir été, jusqu'ici, étudiés au point de vue chimique. Il nous a paru intéressant de combler cette lacune afin de tenter de préciser leur nature.

Le gisement en question étant assez étendu, nous avons examiné cinq échantillons, provenant soit de mines exploitées, c'est-à-dire, Saint-Menge, Gemmelaincourt et Contrexéville, soit d'un sondage effectué à La Vacheresse. Deux prélèvements ont été opérés à Gemmelaincourt, où la veine affleure par endroits la surface du sol : (A) en profondeur, (B) au sommet du dôme de la veine.

Sur chacun des échantillons, nous avons procédé notamment aux essais suivants : analyse immédiate, selon les normes en vigueur, détermination de la composition élementaire : carbone et hydrogène à la grille, soufre et azote suivant les méthodes d'Eschka [2] et de Kjeldahl, extraction par les solvants et par la soude à 5 °/₀, pyrogénation dans le vide selon la méthode de Lebeau.

En ce qui concerne ce dernier essai, une détermination effectuée sur l'un des charbons dont on avait éliminé la plus grande partie des matières minérales, a montré que la présence de celles-ci, pourtant en grandes proportions, ne perturbait pas sensiblement les courbes obtenues, à la condition de faire abstraction du dégagement d'hydrogène sulfuré.

La plupart des résultats obtenus exprimés, sauf indication contraire, par rapport aux charbons exempts de matières minérales, figurent dans les tableaux ci-joints et permettent de formuler les conclusions suivantes :

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 111-113.

(2) H. Guérin et Mlle Moreau, *Chimie et Industrie*, **60**, 1948, p. 339.

TABLEAU I. — *Résultats des essais d'analyses immédiate et élémentaire.*

	OH_2 sur brut (%).	Cendres sur sec (%).	S sur sec (%).	Matières volatiles (%).	C (%).	H (%).	Rapport $\frac{C}{H}$.	N (%).	Extrait alcool-benzène (%).	Matières humiques (%).	P. C. (cal/g).
Saint-Menge........	13	34,1	12,75	39,6	77,2	5,5	14,0	1,4	8,5	0,9	7750
Gemmelaincourt A...	12,2	21,2	7,9	41,4	83,1	5,5	15,1	1,4	7,4	0,7	7700
Gemmelaincourt B...	17,9	21,5	3,55	36	77,5	5,3	14,6	1,4	6,2	0,8	7400
Contrexéville.......	16	17,5	6	38	79,6	5,4	14,7	1,3	5,8	0,4	7750
La Vacheresse......	13,3	38,9	6,6	38,4	78,0	5,6	13,9	1,9	6,0	1,1	7700

TABLEAU II. — *Résultats des essais de pyrogénation.*

	% des gaz de pyrogénation.					Température à laquelle il se dégage le maximum.		
	H_2.	CO.	CH_4.	CO_2.	Gaz oxygénés ($CO + CO_2$).	Gaz.	de H_2.	CO.
Saint-Menge.......	60,5	21	10,4	4,1	12,8	700	700	600
Gemmelaincourt A...	67	14,5	11,8	3,8	11,0	600	600	600
Gemmelaincourt B...	66,7	16,9	5,4	7,6	16,1	600	700	600
Contrexéville.......	65,5	21,3	7,6	3,4	14,2	700	700	700
La Vacheresse......	66	17	9	4,1	12,8	700	700	600

Les divers échantillons présentent des caractères très voisins qui démontrent l'homogénéité de cette lentille de charbon. Certains d'entre eux : rapport carbone-hydrogène, teneur en hydrogène des gaz de pyrogénation, réaction alcaline des goudrons, pouvoir calorifique tendraient effectivement à classer ces charbons parmi les houilles; certains autres, tels que leur teneur en acides humiques, l'impossibilité d'obtenir un culot de coke, le pourcentage élevé de gaz oxygénés ($CO + CO_2$) dans les gaz de pyrogénation, la température à laquelle, durant ce dernier essai, le dégagement de l'oxyde de carbone est maximum, et surtout celle à laquelle le dégagement gazeux total atteint 10^{cm^3} par gramme, montrent qu'ils diffèrent nettement des combustibles classés parmi les houilles et qu'ils doivent être, en conséquence, considérés comme intermédiaires entres les lignites et les houilles tout en restant plus proches de celles-ci.

L'échantillon B de Gemmelaincourt, prélevé au voisinage de la surface du sol apparaît comme nettement oxydé par rapport à l'échantillon A : ses teneurs en soufre et en matières volatiles d'une part, son pouvoir calorifique d'autre part sont plus faibles, tandis que le pourcentage des gaz oxygénés produits pendant la pyrogénation est plus élevé. L'oxydation n'a pas sensiblement changé la teneur des gaz en hydrogène, alors que le pourcentage de méthane a considérablement diminué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Empêchement stérique dans la réaction de Pfitzinger sur les cétones dérivées des éthers crésyliques.* Note de Mlle **Monique De Clercq** et M. **Buu Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la réaction de Pfitzinger est très sensible à l'empêchement stérique, et que par exemple, les alcoylarylcétones R_nCH_2COAr avec $n > C_2H_5$ ne réagissent pratiquement pas avec les isatines ([1]). Le présent travail concerne l'action de l'isatine et de la bromo-5 isatine sur des cétones dérivées des éthers des trois crésols. Dans les conditions expérimentales choisies (48 heures de réaction), nous avons fait les constations suivantes :

1° *Dérivés de l'o. crésol.* — *a.* Les cétones ci-dessous *ont réagi* :

1-3 méthoxy-4 acétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_3$.	
» propiophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_2H_5$.	
» butyrophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_3H_7$	$É_{13}$ 168-171° (semicarb. F 168°).
» phénacétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_2C_6H_5$	$É_{45}$ 270° (semicarb. F 191°).
1-3 éthoxy-4 acétophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_3$	$É_{15}$ 154° (semicarb. F 215°).
» propiophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_2H_5$	$É_{15}$ 176° (semicarb. F 168°).
» butyrophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_3H_7$	É 284-286° (semicarb. F 174°).
» phénacétophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_2C_6H_5$	$É_{15}$ 244°, F 100°.
1-3 butoxy-4 acétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_3$	$É_{13}$ 170-175° (semicarb. F 192°).
» propiophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_2H_5$	$É_{13}$ 186-188° (semicarb. F 165°).
» butyrophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_3H_7$	$É_{15}$ 200° (semicarb. F 160°).
» phénacétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_2C_6H_5$	$É_{13}$ 245° (semicarb. F 186°).
1-3 isoamyloxy-4 acétophénone	(4) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_3$	$É_{13}$ 174-177°.

b. Les cétones suivantes *n'ont pas réagi sensiblement*, ce qui montre l'influence défavorable exercée par un radical lourd ramifié, même en position para :

1-3 isoamyloxy-4 propiophénone	(4) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_2H_5$	$É_{13}$ 187°
» butyrophénone	(4) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COC_3H_7$	$É_{13}$ 197° (semicarb. F 139°)
» phénacétophénone	(4) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(3)}COCH_2C_6H_5$	$É_{15}$ 255-260°

2° *Dérivés du m. crésol.* — *a.* Les cétones suivantes de cette série *ont réagi* :

1-2 méthoxy-4 acétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_3$	
» propiophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_2H_5$	
» phénacétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_2C_6H_5$	$É_{15}$ 220-225° F 76° (semicarb. F 146°)
1-2 propoxy-4 acétophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_3$	$É_{18}$ 180-184° (semicarb. F 173°)
» propiophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_2H_5$	$É_{13}$ 187°
» phénacétophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_2C_6H_5$	$É_{20}$ 254-260°
1-2 isobutoxy-4 acétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_3$	$É_{13}$ 155-165°
1-2 butoxy-4 acétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_3$	$É_{15}$ 172-178° (semicarb. F 168°)

(1) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 123, 134; Buu-Hoï et R. Royer, *ibid.*, p. 374; R. Royer, *Thèse* Doctorat ès Sciences (Paris, 1946), p. 21; Buu-Hoï et N. Hoan, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 67, 1948, p. 309.

b. Les cétones suivantes *n'ont pas sensiblement réagi*, ce qui montre l'encombrement supplémentaire apporté par le groupe méthyle en ortho :

Méthyl-2 butoxy-4 propiophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_2H_5$	$É_{15}$ 190-193°
» méthoxy-4 butyrophénone	(4) $CH_3\ O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_3H_7$	É 270°
» propoxy-4 »	(4) $C_3H_7O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_3H_7$	$É_{13}$ 197-199°
» butoxy-4 »	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COC_3H_7$	$É_{18}$ 205°
» isobutoxy-4 phénacétophénone	(4) $i.C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_2C_6H_5$	$É_{13}$ 246-256°
» butoxy-4 phénacétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_3(CH_3)_{(2)}COCH_2C_6H_5$	$É_{25}$ 280-285°

3° *Dérivés du p. crésol.* — *a*. Cétones *ayant réagi* :

Méthyl-5 méthoxy-2 propiophénone	(2) $CH_3\ O.C_6H_3(CH_3)_{(5)}COC_2H_5$	
» isoamyloxy-2 acétophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(5)}COCH_3$	$É_{60}$ 170-175°
» isoamyloxy-4 propiophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_3(CH_3)_{(5)}COC_2H_5$	$É_{60}$ 180-185°

b. Cétone *n'ayant pas réagi* : méthyl-5 isoamyloxy-2 butyrophénone $_{(2)}C_5H_{11}O\,C_6H_3(CH_3)_{(5)}COC_3H_7$ $É_{13}$ 150°.

4° *Nouveaux dérivés quinoléiques.* — Voici quelques-uns des *acides cinchoniniques* obtenus, ainsi que les *quinoléines* qui en dérivent par décarboxylation :

Acides (méthyl-3'anisyl)-2 cinchoninique (F 224°, quinoléine F 113°); bromo-6 (méthyl-3'anisyl (F 254°, quinoléine F 171°); méthyl-3 (méthyl-3'anisyl) (F 284°, quinoléine F 117°); méthyl-3 bromo-6 (méthyl-3'anisyl) (F 308°, quinoléine F 172°); éthyl-3 (méthyl-3'anisyl) (F 297°, quinoléine F 88°); phényl-3 (méthyl-3'anisyl) (F 303°, quinoléine F 113°); phényl-3 bromo-6 (méthyl-3'anisyl) (F 294°, quinoléine F 135°); (méthyl-3'phénétyl) (F 222°, quinoléine F 126°); bromo-6 (méthyl-3'phénétyl) (F 263°, quinoléine F 175°); méthyl-3 (méthyl-3'phénétyl) (F 278°, quinoléine F 86°); éthyl-3 (méthyl-3'phénétyl) (F 273°); phényl-3 (méthyl-3'phénétyl) (F 287°) (méthyl-3'butoxyphényl-4') (F 190°, quinoléine F 113°); méthyl-3 (méthyl-3'butoxy-4') (F 265°); éthyl-3 (méthyl-3'butoxyphényl-4') (F 244°); (méthyl-3'isoamyloxyphényl-4') (F 220°, quinoléine F 139°); (méthyl-2'anisyl) (F 215°); bromo-6 (méthyl-2'anisyl) (F 225°, quinoléine F 126°); méthyl-3 (méthyl-2'anisyl) (F > 322°); méthyl-3 bromo-6 (méthyl-2'anisyl) (F > 322°, quinoléine F 115°); phényl-3 (méthyl-2'anisyl) (F 309°); phényl-3 bromo-6 (méthyl-2'anisyl) (F > 322°); (méthyl-2'propoxyphényl-4') (F 190°); méthyl-3 (méthyl-2'propoxyphényl-4') (F 272°); phényl-3 (méthyl-2'propoxyphényl-4') (F 290°); (méthyl-2'isobutoxyphényl-4') (F 195°); méthyl-3 (méthyl-5'méthoxyphényl-2') (F 312°); (méthyl-5'isoamyloxyphényl-2') (F 278°); méthyl-3 (méthyl-5'isoamyloxyphényl-2') 2 cinchoninique (F > 312°). Certains des corps ainsi préparés font l'objet d'études physiologiques; de plus amples détails seront donnés ailleurs. (Thèse de l'un de nous : M. D. C.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *La sulfonation du mésodiphénylanthracène.* Note (*) de MM. André Étienne et René Heymès, présentée par M. Charles Dufraisse.

La préparation de dérivés sulfonés du mésodiphénylanthracène a été envisagée en vue d'obtenir des corps solubles dans l'eau, susceptibles d'être photooxydables et de présenter la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

La sulfonation du diphényl-9.10 anthracène a été essayée, à des températures comprises entre 100 et 130°, avec de l'acide sulfurique chargé en oléum (0 à 9 % de SO_3), au sein de l'acide acétique contenant 10 % de son anhydride. Dans ces conditions, on obtient un mélange de trois acides sulfoniques : l'un mono et les deux autres disulfoniques, leurs proportions relatives variant avec les conditions opératoires (concentration des réactifs, température et temps de réaction). La séparation est aisée. On traite par l'eau saturée de chlorure de sodium; l'insoluble, à chaud, est constitué par le monosulfonate de sodium et la solution par les deux disulfonates que l'on sépare ensuite en utilisant leurs différences de solubilité dans l'eau.

Ces acides mono et disulfoniques sont des acides forts. Ils sont capables, en solution aqueuse, de déplacer HCl du chlorure de sodium ; c'est ce qui a lieu lors de la séparation indiquée ci-dessus. En solution dans l'eau, ils ne peuvent donc être isolés de leurs sels alcalins par action de l'acide chlorhydrique, mais, par contre, en solution alcoolique la libération de l'acide sulfonique peut avoir lieu, la faible solubilité de NaCl dans l'alcool déplaçant la réaction vers la formation de l'acide libre. La séparation des acides sulfoniques se fait mieux en passant par les sels d'aniline, ou encore en hydrolysant, dans le dioxane aqueux, les sulfochlorures, eux-mêmes faciles à purifier. Ces sulfochlorures ont été préparés à partir des sels, par $PCl_5 + POCl_3$; ils ont permis, en outre, d'obtenir les éthers-sels (alcools en présence de soude) et les sulfonamides.

Pour déterminer la position des groupements sulfoniques, nous avons pensé transformer les sulfonates en dérivés oxhydrylés, par fusion alcaline. L'emploi de ce procédé n'est cependant pas irréprochable à cause des migrations d'oxhydryles toujours possibles. Il a cependant l'avantage d'aboutir à des hydroxy-diphényl-9.10 anthracènes, facilement méthylables en dérivés méthoxylés que l'on pourra comparer aux divers méthoxydiphénylanthracènes préparés à partir des anthraquinones par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs.

Ainsi le monosulfonate de sodium, traité par la potasse à 250°, donne, avec un rendement suffisant, un dérivé monohydroxylé, lequel par méthylation se transforme en monométhoxydiphényl-9.10 anthracène, identifié, par l'épreuve du mélange, au diphényl-9.10 méthoxy-2 anthracène, préparé par Ch. Dufraisse, R. Demuynck et A. Allais [1] au moyen de la β-méthoxyanthraquinone. D'autres expériences, effectuées au laboratoire, et qui seront publiées plus tard, nous permettent d'adopter dès maintenant, sans réserves, pour le dérivé monosulfoné, la position β suggérée par le résultat de la fusion alcaline.

Des fusions alcalines ont été entreprises avec les disulfonates, mais les rendements de ces opérations sont encore assez faibles. Comme, d'autre part, certains dérivés diméthoxylés sont encore inconnus, il ne nous est pas possible

---

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 487. Dans leur Note, les auteurs ont oublié d'indiquer le point de fusion de leur produit qui est de 173-174°.

de conclure, pour le moment, sur la constitution des dérivés disulfonés.

Cependant, le fait que la sulfonation ultérieure du β-monosulfonate donne les mêmes disulfonates que ceux obtenus au cours d'une opération effectuée directement sur le diphénylanthracène, nous permet de penser que l'on a affaire aux deux β-disulfonates de diphénylanthracène, c'est-à-dire 2.6 et 2.7. Des vérifications sont en cours pour établir avec certitude la position exacte des deux groupements sulfoniques.

Tous les dérivés sulfonés sont cristallisés et colorés avec plus ou moins d'intensité en jaune.

Dérivés β-monosulfonés :

Acide diphényl-9.10 anthracènesulfonique-2, $C_{26}H_{18}O_3S + 3H_2O$, F_{inst} (anhydre) : 187-188°; sel de sodium ($+ 4H_2O$); sel d'aniline, $F_{inst} = 275$-276°. Sulfochlorure, $C_{26}H_{17}O_2SCl$, $F_{inst} = 192$-194°. Sulfonamide, $C_{26}H_{19}O_2NS$, $F_{inst} = 276$-277°. Sulfoéther éthylique, $C_{28}H_{22}O_3S$, $F_{inst} = 170$-172°.

Dérivés disulfonés :

		Présumé 2.6.	Présumé 2.7.
Acides	$C_{26}H_{18}O_6S_2$	$+ 4H_2O$, F_{inst} (anhydre) $= 310$-312°	$+ 4H_2O$, F_{inst} (anhydre) $= 273$-275°
Sel de Na	–	$+ 6H_2O$	–
Sel d'aniline	–	$F_{inst} = 333$–334°	$F_{inst} = 305$–306°
Disulfochlorures	$C_{26}H_{16}O_4S_2Cl_2$	» = 324–326°	» = 271–273°
Disulfonamides	$C_{26}H_{20}O_4N_2S_2$	» = 357–359°	» = 356–358°
Disulfoéthers éthyliques	$C_{30}H_{26}O_6S_2$	» = 251–252°	» = 224–225°

Diphényl-9.10 *hydroxy*-2 *anthracène,* $C_{26}H_{18}O$, cristaux jaunes, $F_{inst} = 225$-226°, solubles dans les alcalis avec coloration orange, altérable à l'air.

Diphényl-9.10 *méthoxy*-2 *anthracène,* $C_{27}H_{20}O$, cristaux jaune pâle, $F_{inst} = 174$°, identiques au produit obtenu à partir de la β-méthoxyanthraquinone [1].

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Théorie du cliché de Debye-Scherrer des substances douées de pseudo-symétrie.* Note de M. **René Faivre**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'expérience montre que le réseau cristallin d'un très grand nombre de solutions solides subit une déformation anisotrope continue lorsque leur composition varie. Un cas particulier important est celui où ce réseau présente une pseudo-symétrie. On peut alors définir, pour chaque composition, la forme de la maille à partir d'une maille idéale qui posséderait la symétrie limite. La déformation du réseau idéal qui l'amène en coïncidence avec le réseau réel, peut être symbolisée par un abaissement de symétrie. Nous appelons pseudo-symétrie simple toute pseudo-symétrie qui fait intervenir un seul élément de symétrie indépendant et pseudo-symétries composées toutes celles qui atteignent plusieurs éléments de symétrie indépendants.

Il est évident qu'une pseudo-symétrie composée peut toujours être consi-

dérée comme suite de pseudo-symétries simples. Nous nous proposons de prévoir, dans le cas d'une pseudo-symétrie simple, la déformation du cliché de Debye-Scherrer, en analysant la déformation du réseau réciproque entraînée par l'abaissement de symétrie.

Le réseau réciproque R est un ensemble discontinu de points N situés aux extrémités des vecteurs, $\overrightarrow{ON} = h\vec{A}_1 + k\vec{A}_2 + l\vec{A}_3$. Si $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$, $\vec{a}_3$ désignent les translations élémentaires du réseau direct r, $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$, $\vec{A}_3$ sont tels que

$$A_i . a_j = \begin{cases} 1 \text{ si } i = j, \\ 0 \text{ si } i \neq j. \end{cases}$$

La symétrie de R est une symétrie autour d'un point, son origine O, centre de symétrie unique. Si r possède un centre de symétrie, R appartient à la même classe de symétrie que lui. Dans le cas contraire, on obtient la classe de symétrie de R en ajoutant un centre de symétrie aux éléments de symétrie indépendants qui définissent la classe de symétrie de r. Les seules classes de symétrie possibles pour R sont donc les 7 holoédries et les 4 hémiédries centrées.

Une raie de Debye-Scherrer représente à la fois tous les nœuds N de R situés sur une même sphère (O) de centre O. Si R est holoédrique, tous ces nœuds possèdent le même facteur d'intensité $(F)^2$. S'il appartient à une hémiédrie centrée, on trouve sur la sphère (O) deux familles de nœuds N′ et N″ qui se distinguent par leurs facteurs d'intensité $(F')^2$ et $(F'')^2$. Les positions de N′ et N″ sont symétriques par rapport à l'axe binaire indépendant L_2 qui, ajouté aux éléments de symétrie de R, le rendrait holoédrique.

Que R soit holoédrique ou hémiédrique, les positions de tous les nœuds situés sur la sphère (O), sont symétriques par rapport à O et aux axes de symétrie, passant par O, qui définissent la classe holoédrique de la symétrie R.

Déformons R de telle façon que l'ordre n de l'axe de symétrie indépendant A_n soit divisé par l'entier m. Considérons les nœuds N situés en dehors de tout élément de symétrie. Les S points N situés sur la sphère (O) se partagent en m familles de S′ points de chacune soit : S′ points N_1 sur la sphère (O_1), S′ points N_2 sur la sphère (O_2), etc.

Si R *est holoédrique*, la raie de Debye-Scherrer correspondante se dissocie en m raies de même intensité qui représentent respectivement les points N_1, N_2, etc.

Si R est hémiédrique, deux cas peuvent se présenter :

1° L'axe binaire L_2 est conservé : chaque sphère (O_1), (O_2), etc., contient autant de nœuds N′ que de nœuds N″. Les m composantes de la raie de Debye-Scherrer dissociée ont la même intensité.

2° L'axe L_2 est supprimé. Tous les nœuds N′ se groupent sur une même

sphère (O′), les nœuds N″ sur (O″). Le rapport d'intensité des deux composantes séparées par la suppression de L_2 mesure l'hémiédrie.

Une discussion complète de la situation des nœuds N par rapport aux éléments de symétrie conduit, dans chaque cas particulier, à des règles très simples.

Ces considérations relatives aux intensités ne sont applicables que pour une petite déformation continue du réseau R : les variations des facteurs de la diffraction extérieurs à la structure (¹) corrélatives de la petite variation $d\theta$ de l'angle de diffraction sont supposées négligeables; nous négligeons aussi les variations des phases entraînées par les variations dx, dy, dz des coordonnées numériques xyz de chaque centre diffractant. Cette approximation s'est révélée suffisante dans les deux exemples de pseudo-symétrie que nous avons étudiés expérimentalement jusqu'ici (²), (³).

Pour définir les positions relatives des composantes dérivées d'une même raie du cliché correspondant à la symétrie limite, nous choisissons, comme paramètres les différences $\Delta R^2_{1-2} = R^2_2 - R^2_1$ entre les carrés des rayons des sphères (O_1), (O_2), ... Ce choix conduit à des résultats très simples. Les différences ΔR^2 sont en effet proportionnelles à un paramètre unique qui définit géométriquement la maille réelle à partir de la maille idéale possédant la symétrie limite, et à des expressions très simples des indices hkl de chaque raie. Dans le cas d'une pseudo-symétrie composée, on définit autant de paramètres indépendants qu'il faut de pseudo-symétries simples pour la réaliser.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Note préliminaire sur l'action de l'acide naphtyl-acétique sur la germination et la croissance des tiges feuillées de* Funaria hygrometrica. Note de Mme **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Joseph Magrou.

On sait qu'une spore de mousse donne en germant un filament chlorophyllien appelé protonéma sur lequel se développent ultérieurement des bourgeons qui évoluent en tiges feuillées. Nous nous sommes proposé de rechercher s'il ne serait pas possible de conserver, en culture aseptique, des mousses à l'état de protonéma, en ajoutant au milieu de l'acide naphtyl-acétique, corps ayant la propriété, à certaines concentrations, de bloquer le développement des bourgeons chez les Phanérogames (¹). Nous avons donc ensemencé aseptiquement des spores de *Funaria hygrometrica* sur des milieux glucosés additionnés

(¹) Facteur de diffusion atomique, coefficient d'absorption, facteur de température de Debye, facteur de polarisation.

(²) R. Faivre et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 903.

(³) Katz, Siramy et Faivre, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 282.

(¹) K. V. Thimann et Folke Skoog, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **19**, 1933, p. 714-716.

d'acide naphtyl-acétique à des concentrations de 10^{-5}, 10^{-7}, 10^{-9}. Des tubes renfermant le même milieu sans acide naphtyl-acétique ont servi de témoins. Sur tous les milieux ainsi réalisés, les spores ont germé, mais la germination a été plus rapide dans les tubes témoins que dans les autres milieux et celle-ci a été d'autant plus retardée que la dose d'hétéro-auxine était plus forte.

Deux mois et demi environ après l'ensemensement, les spores des tubes témoins avaient toutes donné des tiges feuillées, alors que dans tous les tubes renfermant de l'acide naphtyl-acétique la germination des spores en était encore au stade protonéma. Les protonémas qui se trouvaient à la base des tiges feuillées dans les tubes témoins ont été repiqués sur de nouveaux tubes témoins. De même les protonémas développés sur diverses concentrations d'hétéro-auxine ont été repiqués sur les mêmes milieux aux mêmes concentrations.

Deux mois après, on pouvait constater les résultats suivants : sur les milieux témoins les protonémas avaient donné, tout en proliférant, de nombreuses tiges feuillées d'une hauteur variant entre 2 et 3^{cm};

sur les milieux renfermant 10^{-9} d'acide naphtyl-acétique, les tiges feuillées n'atteignaient qu'une hauteur de 1^{cm} environ;

sur les milieux à 10^{-7} d'acide naphtyl-acétique, les tiges feuillées, d'une teinte rousse, étaient très anormales et n'atteignaient que $0^{cm},2$ environ ;

enfin, sur les milieux à 10^{-5}, les protonémas avaient peu proliféré mais n'avaient produit aucune tige feuillée.

Un nouveau repiquage sur les mêmes milieux a été effectué à partir des protonémas et, deux mois après, les résultats étaient exactement les mêmes : sur témoins et sur milieux à 10^{-9} et 10^{-7}, les protonémas, tout en proliférant à l'état de protonéma, à l'intérieur de la gélose, ont donné des tiges feuillées d'autant moins hautes que la dose d'acide naphtyl-acétique était plus élevée s sur les milieux à 10^{-5} d'acide naphtyl-acétique, les protonémas, qui se sont développés plus lentement, ne portaient aucune tige feuillée.

Le mécanisme d'arrêt de la formation des tiges feuillées sur le protonéma peut s'expliquer de deux façons différentes.

La première hypothèse, très simple, consiste à admettre que l'action de l'acide naphtyl-acétique est la même sur les mousses et sur les végétaux supérieurs, c'est-à-dire qu'elle bloque le développement des bourgeons sur le protonéma. Cette première hypothèse paraît la plus vraisemblable, car nous avons vu que l'action sur le développement du bourgeon est proportionnelle à la dose d'acide naphtyl-acétique. Cependant on ne voit aucune trace d'ébauche de formation de bourgeons sur les protonémas cultivés sur des concentrations de 10^{-5}.

Une deuxième hypothèse s'appuie sur des observations faites récemment par Sironval ([2]). Cet auteur admet que le stade protonéma se décompose en

([2]) *Bull. Soc. royale Bot. de Belgique*, 79, 1947, p. 48 à 72.

deux stades successifs : le chloronéma, filament vert qui pousse à partir de la spore et qui ne peut jamais donner de tige feuillée, et le caulonéma qui provient de la prolifération de certaines cellules du chloronéma et qui seul est susceptible de produire des tiges feuillées, les distinctions entre ces deux stades étant surtout d'ordre physiologique et difficiles à voir. En tenant compte de cette observation, on pourrait admettre que l'acide naphtyl-acétique à la concentration de 10^{-5} empêche le passage du chloronéma au caulonéma. Les cultures de protonéma sur 10^{-5} d'hétéro-auxine demeureraient donc au stade chloronéma, ce qui expliquerait l'absence de toute ébauche de bourgeons. Des expériences sont en cours pour préciser ce dernier point.

En conclusion, nous avons montré dans cette Note préliminaire : 1° qu'on peut conserver pendant plus de huit mois des protonémas en culture aseptique sans qu'ils se transforment en tiges feuillées; 2° que l'acide naphtyl-acétique a une action frénatrice très nette sur la croissance des tiges feuillées.

ALGOLOGIE. — *Sur la morphologie des zoospores des Phéophycées.* Note (*) de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Bien que cela puisse paraître surprenant, nous sommes encore très insuffisamment renseignés sur la structure des zoospores et des zoogamètes des Phéophycées, et il y a là, en Algologie, une lacune très regrettable, eu égard à l'importance qu'on attribue, d'une façon générale, aux cellules monadoïdes pour la définition précise des divers groupes d'Algues, et pour la recherche de leurs affinités.

Pour combler cette lacune, un premier pas a été récemment accompli par Pauline Moser Longest (1), qui a montré que le fouet antérieur des zoospores d'*Ectocarpus Mitchellæ*, et celui-là seul, possède une structure plumeuse, comme celui des Eugléniens, et comme le fouet principal des cellules nageuses des Chryso- et Xanthophycées. Dans la présente Note, je ferai progresser la question d'un nouveau pas, en faisant connaître que les zoospores des Phéophycées sont pourvues d'une *fosse vestibulaire,* dans laquelle prennent insertion leurs fouets.

Cette fosse est particulièrement distincte sur les zoospores de *Myriotrichia densa*, après coloration vitale au bleu de crésyle, parce que chez cette Algue elle est généralement encerclée de petits physodes, que ce réactif colore avec intensité en bleu franc (*fig.* 1 à 3). Mais une fois qu'on l'a repérée chez cette espèce, on peut la retrouver, semblablement disposée, chez les autres, par

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Journ. Elisha Mitchell Scient. Soc.*, 62, 1946, p. 249.

exemple chez *Litosiphon pusillus*, où ce cercle de petits physodes est au contraire le plus souvent rudimentaire, ou même tout à fait absent (*fig.* 4 à 6).

Dans tous les cas, il s'agit d'une fossette relativement très large, mais peu profonde, creusée dans la région antérieure de la face ventrale du corps cellulaire, et délimitée par une crête marginale à peine marquée, peut-être un peu

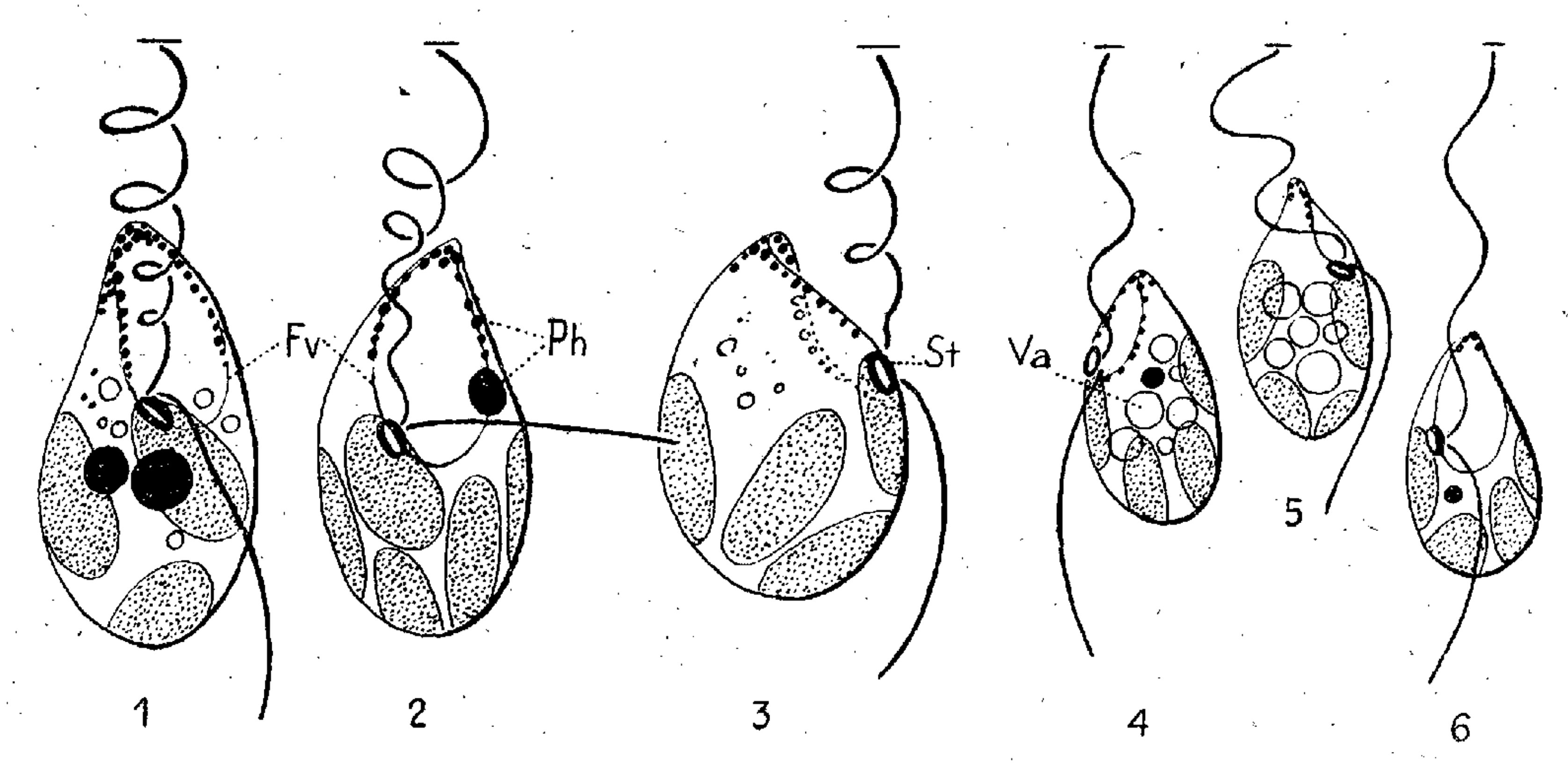


Fig. 1 à 6. — *Zoospores de Phéophycées, issues de sporocystes pluricellulaires.* 1 à 3, *Myriotrichia densa* Batters (Fv, fosse vestibulaire; Ph, physodes, colorés en bleu par le bleu de crésyle; St, stigma); 4 à 6, *Litosiphon pusillus* (Carm.) Harvey (Va, vacuoles, colorées métachromatiquement en violet pourpre par le bleu de crésyle).

plus nette sur le bord droit. Son extrémité antérieure, plus étroite et plus pointue que l'autre, atteint celle du corps. Sous la crête marginale, chez *Myriotrichia densa*, se rangent les petits physodes marginaux, en un chapelet qui garnit les bords antérieur et latéraux de la fossette, non son bord postérieur, et qui chez les autres espèces se réduit le plus souvent à quelques éléments, occupant le sommet antérieur du corps. Le stigma, intimement lié au phéoplaste générateur chez le *Myriotrichia*, plus lâchement chez le *Litosiphon*, est toujours fixé au bord droit de la fossette, non loin de son extrémité postérieure. C'est au même niveau, et également sur ce bord droit, que prennent insertion les deux fouets : l'antérieur long et tourbillonnant, le postérieur court et raide, plus ou moins déjeté vers la gauche.

L'intérêt de ces observations est de ramener la zoospore des Phéophycées à la règle générale selon laquelle les fouets, sur les cellules nageuses des Algues, sont insérés dans une fosse vestibulaire. Celle-ci est représentée chez les Chlorophycées par l'infundibulum apical des Pyramidomonadines, dont j'ai montré (²) qu'il est oblitéré chez les types plus évolués (Chlamydomonadines, etc.). Elle devient ventrale avec un haut degré de complexité chez les

(²) *La Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 862.

Pyrrhophycées (Crypto-, Dino-, Chloro- et Euglénomonadines), puis se réduit à une simple encoche, encore d'ailleurs insuffisamment étudiée, chez les Chryso- et Xanthophycées.

D'autre part, on remarquera que la fosse vestibulaire des Phéophycées n'est pas sans rappeler, malgré de notables différences, le sillon vestibulaire ventral ou sulcus des Dinomonadines, chez lesquelles le stigma, quand il existe, tend à se fixer à l'un des bords du dit sulcus (son bord gauche), près de l'insertion des fouets, dont l'antérieur est long et tourbillonnaire (il ondule dans le sillon cingulaire), tandis que le postérieur est généralement court, et plus raide.

On notera aussi que, du moins si l'on admet l'homologie que j'ai proposée entre physodes sous-cuticulaires, corps mucifères et trichocystes, que les petits physodes marginaux de la fosse vestibulaire du *Myriotrichia* peuvent être comparés aux trichocystes périvestibulaires des Cryptomonadines.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'acide cyanhydrique de quelques Rosacées-Spirées.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'acide cyanhydrique a déjà été signalé chez plusieurs Spirées, en particulier : *Spiræa Aruncus* L., *S. sorbifolia* L., *S. japonica* (?) (Wicke, 1852); *S. Lindleyana* Wall., *S. prunifolia* Sieb. et Zucc., *Exochorda Albertii* Regel, *Neviusia alabamensis* A. Gray, *Rhodotypos kerrioides* Sieb. et Zucc., *Kerria japonica* DC. (Guignard, 1906) [1]; *Sorbaria Aitchisonii* Hemsley (Rosenthaler, 1926).

Je me suis proposé dans ce travail d'examiner de plus près la cyanogénèse de ces plantes et de quelques autres, et d'y étudier les variations de l'acide cyanhydrique au cours de la végétation. J'ai procédé comme il suit : le matériel d'étude à l'état frais est incisé, puis mis dans l'eau froide qu'on distille aussitôt; la liqueur résiduelle additionnée d'émulsine est distillée ultérieurement; l'acide cyanhydrique est dosé dans les deux distillats par la méthode de Liébig-Denigès. La plupart des échantillons étudiés ont été prélevés en 1946 à l'École d'Horticulture du Breuil et au Jardin des Plantes de Paris.

Dans le genre *Spiræa*, sur 30 espèces examinées (jeunes pousses ou feuilles), 2 seulement ont fourni de l'acide cyanhydrique : *S. Aruncus* (feuilles en août, $0^g,013$ HCN pour 100^g frais) et *S. prunifolia*; sur 10 pieds de ce dernier, d'ailleurs pas tous identiques au point de vue botanique, 8 renfermaient HCN (feuilles, de 0,002 à 0,022 suivant les pieds; rameaux 0). Le *S. japonica* L. et trois de ses variétés étaient dépourvus de HCN.

Par contre, dans le genre *Sorbaria*, l'acide cyanhydrique a été trouvé dans toutes les espèces examinées : *S. Aitchisonii* Hemsl. (feuilles : en avril 0,003, août 0,007, novembre 0,001). — *S. arborea* Schneid. (jeunes pousses en

[1] Guignard, *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 451.

avril 0,009; folioles en août 0.026, octobre 0,038, novembre 0,023; pétioles en août 0,007, octobre 0,013, novembre 0,007; fruits verts en octobre 0,020; rameaux en octobre 0,002). — *S. assurgens* Vilm. et Bois (en juin : folioles 0,005, pétioles 0,001). — *S. Lindleyana* Maxim. (= *Spiræa Lindleyana* Wall.) (folioles en avril 0,008). — *S. sorbifolia* A. Br. (= *Spiræa sorbifolia* L.) (feuilles en mai 0,010, juillet 0,030, août 0,014, novembre 0,013; fleurs en juillet 0,011; fruits verts en septembre 0,009, fruits bruns en décembre 0,012). — *S. sorbifolia* var. *grandiflora* Maxim. et var. *stellipila* Maxim. (teneurs comparables aux précédentes). Un maximum de HCN apparaît souvent au milieu de l'été dans les folioles; celles-ci sont toujours plus riches que les pétioles et rameaux.

L'acide cyanhydrique des *Spiræa Aruncus* et *S. prunifolia* est accompagné d'aldéhyde benzoïque (caractérisé par l'acétate de phénylhydrazine); chez les *Sorbaria*, la recherche de cette substance a été négative, ce qui montre pour la première fois chez des Rosacées l'existence d'hétérosides cyanogénétiques autres que les dérivés de l'acide phénylglycolique : amygdonitrileglucoside et amygdaloside. La cyanogénèse accidentelle de rares *Spiræa* (jointe à la multiplicité de leurs formes) pourrait indiquer leur origine hybride avec des Prunées; l'amygdonitrileglucoside y sera sans doute rencontré comme chez les Prunées; ils sont intermédiaires entre les deux sous-familles. Les *Sorbaria* se séparent donc nettement des *Spiræa*.

L'acide cyanhydrique sans benzaldéhyde a été trouvé chez plusieurs *Exochorda* : *E. Albertii* (feuilles en mai 0,007). — *E. Giraldii* Hesse (feuilles en avril 0,009, octobre 0,002). — *E. Giraldii Wilsonii* Rehd. (en avril : feuilles 0,007, fleurs 0,018). — *E.* × *macrantha* Schneid.

Les *Kerria, Neviusia* et *Rhodotypos* qu'Engler sépare des Spiræoideæ et range parmi les Rosoideæ sont pauvres en HCN comme l'avait déjà remarqué Guignard. J'ai examiné les espèces suivantes : *Kerria japonica* et ses var. *fl. pleno* et *aureo-variegata* (rameaux feuillés : maximum 0,002), var. *argenteo-variegata* (rameaux feuillés en juin 0,004, août 0,002, octobre 0,001), *Neviusia alabamensis* (feuilles en avril 0,001, août 0,003, octobre 0,002; rameaux 0), *Rhodotypos kerrioides* (feuilles en août 0,006, octobre 0,003, fleurs en avril 0,004; fruits mûrs et graines 0; rameaux en mai 0,001). Plusieurs *Neillia, Physocarpus*, et le *Stephanandra Tanakæ* Franch. n'ont pas fourni d'acide cyanhydrique.

S'il existe des Spirées à HCN proches des Prunées par leur aldéhyde benzoïque, il y a aussi des Prunées sans aldéhyde benzoïque qui vraisemblablement s'apparentent aux Spirées. J'ai déjà signalé le cas aberrant du *Nuttallia cerasiformis* Torr. et Gray dont la graine est dépourvue de HCN, contrairement à celles de toutes les autres Prunées à HCN examinées ([2]). L'absence de

([2]) PLOUVIER, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 322.

benzaldéhyde chez le *Nuttallia* éloigne sa fonction cyanogénétique de celle des Prunées. Les mêmes remarques ont été faites dans le genre *Prinsepia* où j'ai trouvé pour la première fois l'acide cyanhydrique dans deux espèces : *P. sinensis* Oliv. (jeunes pousses en avril 0,003, feuilles en août et novembre 0,009), *P. uniflora* Batal. (jeunes pousses en avril 0,0016, feuilles en août 0,004). Greshoff avait indiqué l'existence de benzaldéhyde chez toutes les Rosacées à HCN de sa liste (3) : cette assertion est donc inexacte pour les *Nuttallia*, *Exochorda* et les *Spiræa* synonymes des *Sorbaria*.

En résumé, l'acide cyanhydrique a été trouvé dans quelques nouvelles Spirées et dans le genre *Prinsepia*. Chez les *Sorbaria*, *Exochorda*, *Nuttallia*, *Prinsepia*, il n'est pas accompagné d'aldéhyde benzoïque; ces plantes ne renferment donc pas les hétérosides cyanogénétiques des Prunées et des Pomées.

ANATOMIE COMPARÉE. — *L'ébauche thyroïdienne chez la Truite* [Salmo (trutta) fario *L. et* Salmo irideus *Gib.*]. Note (*) de M. **Thanos Thomopoulos**, présentée par M. Louis Fage.

Parmi les rares travaux traitant de la genèse de la thyroïde chez les Téléostéens, celui de Maurer (1), quoique ancien, est essentiel. L'auteur affirme, en étudiant surtout la Truite, que l'ébauche de cette glande provient d'une invagination médiane impaire de l'épithélium pharyngien ventral. Il étend ainsi aux Téléostéens la conception de l'origine thyroïdienne, connue chez les autres Vertébrés.

J'ai voulu vérifier l'opinion de Maurer restée classique et j'ai cherché longtemps une invagination de l'épithélium du plancher pharyngien évoluant dans le sens thyroïdien. Ce fut en vain, et j'ai alors procédé ainsi : à partir d'un stade donné, typiquement thyroïdien, j'ai remonté dans le temps la série des embryons, pour raccorder à l'image connue de l'organe primitif ses aspects simplifiés jusqu'à l'origine, et j'ai pu me convaincre, par ces observations, qu'à l'exception morphologique (thyroïde diffuse des Téléostéens par opposition à la glande compacte des autres Vertébrés) s'ajoutait une exception originelle, constatée au moins chez la Truite.

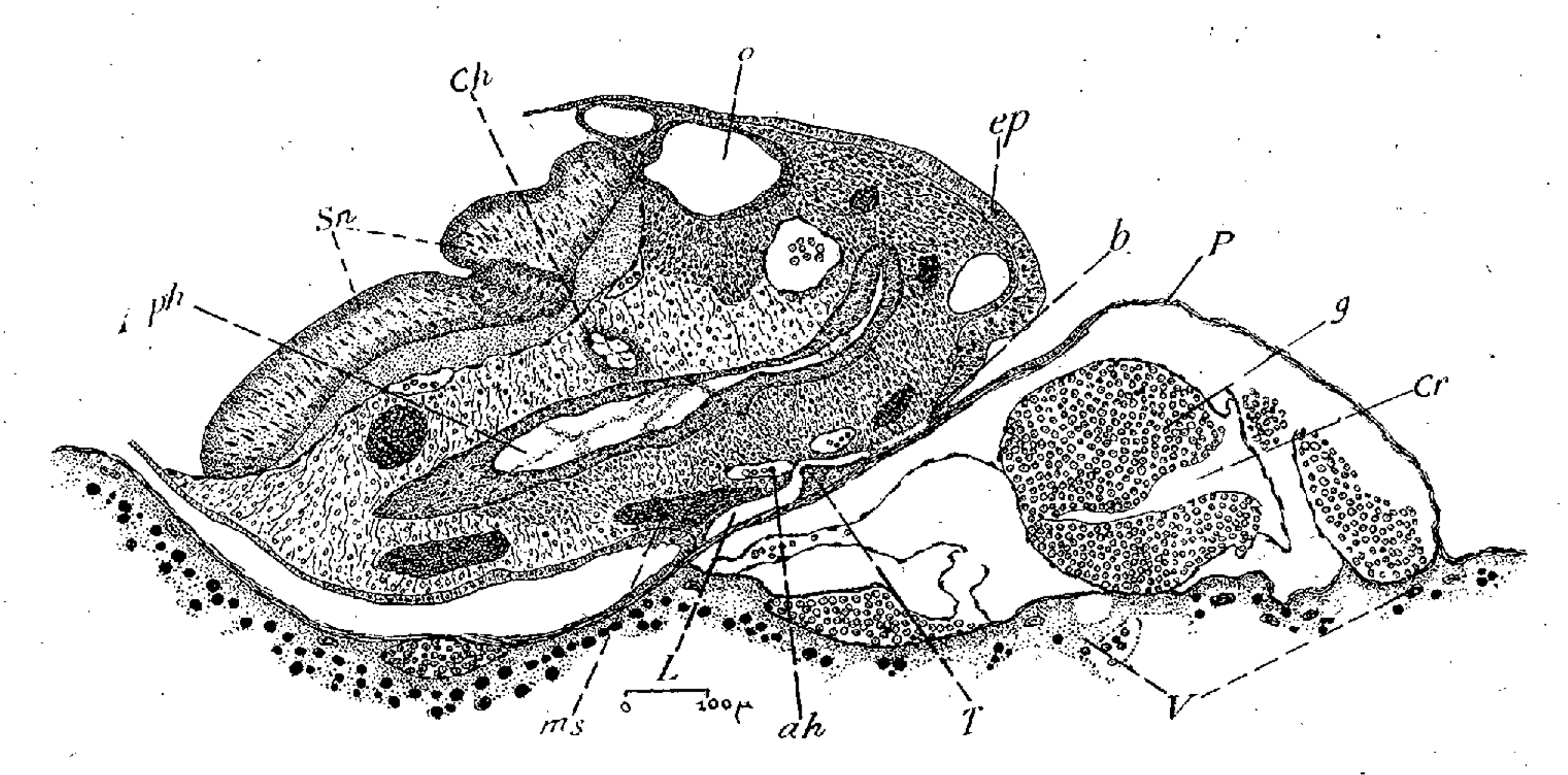
J'ai repéré la toute première ébauche glandulaire (T) dont la position est en coïncidence avec celle de l'organe très jeune et de la vésicule primitive (forme la plus simple de la glande, observée indiscutablement par Maurer). L'ébauche, contrairement à la conception de cet auteur, est située ventra-

(3) Greshoff, *Bull. Sc. Pharmac.*, 13, 1906, p. 589.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Morphologisches Jahrbuch*, 2, 1886, p. 129-175.

lement à l'aorte, et non dorsalement; elle n'effectue aucune migration, mais prolifère sur place pour donner d'abord la vésicule primitive qui garde des liaisons tissulaires locales, puis la jeune glande.



Coupe transversale d'un embryon de 19 à 20 jours (niveau de la bifurcation hyoïdienne).

ah, artères hyoïdiennes; *b*, basale épidermique; *Ch*, chorde; *Cr*, cœur; *ep*, épiderme; *g*, globules sanguins; *L*, lacune cœlomique; *ms*, muscles sternohyoïdiens; *o*, capsules otiques; *P*, péricarde; *ph*, pharynx; *Sn*, système nerveux central, (vésicules cérébrales); *T*, ébauche thyroïdienne; *V*, vitellus.

Et, fait capital, ce n'est pas une dépendance de l'endoderme du plancher pharyngien, mais un *dérivé mésodermique*, un épaississement local, impair et médian, de la lame péricardique (*P*) dans la zone où elle forme une délimitation commune entre le cœur en saillie (*Cr*), et le reste du corps, au niveau de la bifurcation aortique hyoïdienne (*ah*).

Cette ébauche qui prend naissance 19 à 20 jours après la fécondation (pour un développement embryonnaire de 40 jours) présente 2 couches cellulaires : *a*. la première, basale, est le péricarde peu ou pas modifié; certains noyaux sont petits et étirés comme dans le reste de l'étendue de la lame, d'autres moins aplatis et moins chromatiques tendent à se transformer; ce sont eux les générateurs de l'ébauche en excroissance; *b*. la deuxième couche, issue de la partie superficielle interne de la première, forme la boursouflure médiane, aspect initial de la glande (*T*). Elle mesure à ce moment 45^{μ} de long, 60^{μ} de large, et a une épaisseur maxima de 45^{μ}. Les noyaux se distinguent des noyaux inférieurs par leur orientation, leur forme, leur taille et leur structure. Le protoplasme qui les entoure est finement vacuolaire. Les noyaux de l'ébauche sont volumineux, distendus, en ovales réguliers ou incurvés; leur chromatine est un réseau pâle semé de ponctuations plus colorées; le nucléole est gros et très chromatique. L'activité nucléaire est intense, et tous les noyaux sont en amitose, pourvus de constrictions ou repliés en fer à cheval, avec des nucléoles en voie de bipartition, soit étirés en bâtonnets, soit déjà partagés.

Ces caractères histologiques se retrouveront tout au long de l'histoire embryonnaire de la jeune thyroïde dont j'ai suivi l'évolution chez la Truite jusqu'à l'éclosion. L'ensemble des résultats obtenus fera l'objet d'un très prochain Mémoire.

PHYSIOLOGIE. — *Les vitamines antagonistes de l'action nerveuse de l'histamine et du choc anaphylactique.* Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Des travaux récents ont mis en évidence le rôle de l'histamine et de l'acétylcholine dans la production des manifestations allergiques; nous avons nous-mêmes exposé quelques expériences en faveur de l'intervention de ces deux corps dans la genèse du choc anaphylactique, dont nous avons montré qu'il est possible de déceler chronaximétriquement l'état latent (¹).

La découverte d'un antagonisme entre certaines vitamines et les substances productrices de choc a permis d'aborder l'étude de l'allergie par une voie nouvelle. Ces intéressantes observations ont porté sur l'action de la vitamine A (Balachowsky), de la vitamine C (Madison et Manwaring), de la vitamine D (Dainow) et de la nicotinamide ou vitamine B_3 (Businco, Halpern et Dainow). Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre ce problème en utilisant le test chronaximétrique. Ayant étudié déjà l'action des vitamines antagonistes de l'acétylcholine et de l'adrénaline (²), nous complétons aujourd'hui ce travail par l'étude des vitamines antagonistes de l'histamine.

L'un d'entre nous a montré que l'administration de bichlorhydrate d'histamine provoque une élévation des chronaxies nerveuses, dépendant d'une action dépressive centrale de cette substance. L'injection répétée quotidiennement entraîne, en quelques jours, un tableau chronique avec chronaxies nerveuses augmentées (³). Il suffit de donner à un animal ainsi préparé un antihistaminique pour voir revenir à la normale ses chronaxies nerveuses; il en est ainsi par exemple avec l'antergan ou avec la yohimbine, l'activité antihistaminique de ce dernier corps ayant été décelée par Ungar, Parrot et Bovet. A l'inverse, une substance sans activité antihistaminique, comme l'atropine, n'apporte aucune modification des chronaxies nerveuses perturbées.

Si l'on administre à un rat, dont les chronaxies nerveuses sont augmentées par des injections répétées d'histamine, une des principales vitamines par voie sous-cutanée et aux doses que nous utilisons d'ordinaire, on enregistre un retour des chronaxies à la normale (traduisant une activité antihistaminique)

(¹) P. Chauchard, H. Mazoué et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 889.
(²) P. Chauchard, H. Mazoué et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 9 novembre 1948.
(³) B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 78, et **138**, 1944, p. 219.

avec les seules vitamines A, D, B_3 ou P-P (nicotinamide), C, P ou C_2 (épicatéchine, rutoside et adénochrome, leur équivalent pharmacodynamique). On ne peut supposer que s'exerce un antagonisme chronaxique, justifiable jusqu'à un certain point dans le cas de l'antergan, car si la vitamine A diminue les chronaxies nerveuses, les autres vitamines, par contre, les augmentent à l'état chronique.

Toutes les autres vitamines, même celles qui, chroniquement, font tomber les chronaxies, n'ont aucun effet neutralisant sur les troubles nerveux de l'histamine. L'augmentation des chronaxies nerveuses subsiste avec B_1, B_2, B_4, B_5, G ou B_6, E, H_1 et H_2 (biotine et acide paraaminobenzoïque), de même qu'avec l'inositol (vitamine I). Avec la vitamine F et avec la choline (vitamine J), c'est l'action de celles-ci qui l'emporte en général et les chronaxies nerveuses s'inversent, descendant au-dessous de la normale. Les chronaxies nerveuses descendent également avec la vitamine K, qui cependant, à l'état isolé, entraîne comme l'histamine une augmentation des chronaxies nerveuses.

Il est difficile d'expliquer de façon univoque l'activité antihistaminique des diverses vitamines. En effet, si l'histamine se montre, comme l'adrénaline, douée d'une action neutralisante vis-à-vis des effets chronaxiques de l'acidose expérimentale, elle ne pourrait exercer valablement d'antagonisme que vis-à-vis des vitamines C et D acidosiques, alors que les vitamines A, B_3 ou P-P et P ou C_2 jouissent de propriétés inverses.

Quel que soit le mode d'action mis en jeu, nos recherches confirment en les étendant les résultats classiquement admis ([4]).

Mais, si l'histamine n'est pas seule à intervenir comme nous le pensons dans le choc anaphylactique, il convient, pour avoir une vue claire du problème, de connaître également les vitamines dont l'antagonisme s'exerce vis-à-vis de l'acétylcholine, à savoir les vitamines D, C, P ou C_2, H et inositol. Les manifestations chronaxiques anaphylactiques ne sont en effet que partiellement neutralisées par l'antergan (antihistaminique) et partiellement encore par l'atropine (qui s'oppose à l'action diphasique de l'acétylcholine), alors qu'elles le sont totalement par l'association de ces deux corps.

En accord avec certaines observations de Dainow, et en accord avec nos observations sur le pouvoir neutralisant qu'exercent les vitamines vis-à-vis de l'acétylcholine et de l'histamine, nous avons constaté qu'il n'y avait de disparition complète des troubles chronaxiques anaphylactiques qu'avec les vitamines D, C, P ou C_2. Avec les vitamines A et B_3 ou P-P, il y a peu de changement; seuls, les effets de l'histamine ont disparu, la phase de raccourcissement des chronaxies nerveuses est plus marquée. Avec les vitamines H et l'inositol, l'acétycholine seule est neutralisée et la chute de chronaxie disparaît, ne laissant subsister que l'augmentation. Toutes les autres vitamines essayées,

---

([4]) I. DAINOW, *Bruxelles méd.*, 27, 1947, p. 2617.

notamment les vitamines E, K et l'acide folique, se sont montrées sans action,

Conclusions. — La méthode chronaximétrique permet de mettre en évidence l'activité antihistaminique des vitamines A, D, B_3 ou P-P (nicotinamide). C et P ou C_2 (épicatéchine et rutoside).

Seules, les vitamines D, C et P ou C_2, qui exercent en outre une action antagoniste vis-à-vis de l'acétylcholine, peuvent supprimer entièrement les effets chronaxiques du choc anaphylactique.

Alors que dans ce choc les vitamines A et B_3 ou P-P font disparaître les effets de l'histamine et laissent subsister ceux de l'acétylcholine, les vitamines H et l'inositol n'exercent d'action neutralisante que vis-à-vis de l'acétylcholine et n'entravent pas les effets de l'histamine.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'absorption anormale de certains colorants dans le rouge extrême du spectre visible.* Note (*) de M. **Jacob Ségal**, présentée par M. Armand de Gramont.

Nous avons signalé [1] que la presque totalité des colorants organiques examinés, ainsi que différentes substances minérales colorées, présentaient la particularité que, indépendamment de la position du maximum d'absorption, leur densité optique baisse rapidement dans l'extrême rouge du spectre visible, et que les coefficients d'absorption y ont une valeur absolue plus basse que dans n'importe quelle autre région du spectre,

Cette règle ne s'applique pas aux substances qui, sous la forme d'ions ou d'atomes, sont colorées par elles-mêmes, c'est-à-dire qui présentent une absorption dans le spectre visible. L'ion de cuivre tétravalent, l'ion de fer bivalent et bien d'autres absorbent fortement le rouge. Ce principe n'est donc valable que pour les substances ayant une *couleur de structure,* c'est-à-dire dont l'absorption dans le spectre visible est liée à la nature de leur structure moléculaire. Pourtant, parmi plus de 700 substances étudiées, nous en avons trouvé deux dont le comportement fait exception.

La première de ces substances est le *vert naphtol B* dont la courbe d'absorption est représentée en traits pleins dans la figure 1. Tracée en logarithmes de la densité, cette courbe est valable indifféremment pour toutes les concentrations : elle met en évidence la forte absorption dans le rouge extrême.

La formule de structure du vert naphtol est

N—O—Fe—O—N
=O O=
HSO_3— —SO_3H

(*) Séance du 19 mai 1948.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 964-966.

Elle comporte un atome de fer bivalent et l'idée s'impose que c'est à lui que la substance doit son comportement anormal. Il doit donc être possible, en agissant sur l'atome de Fe, en l'oxydant, par exemple, jusqu'au fer trivalent, de rétablir la courbe à allure typique, avec une baisse de la densité dans le rouge.

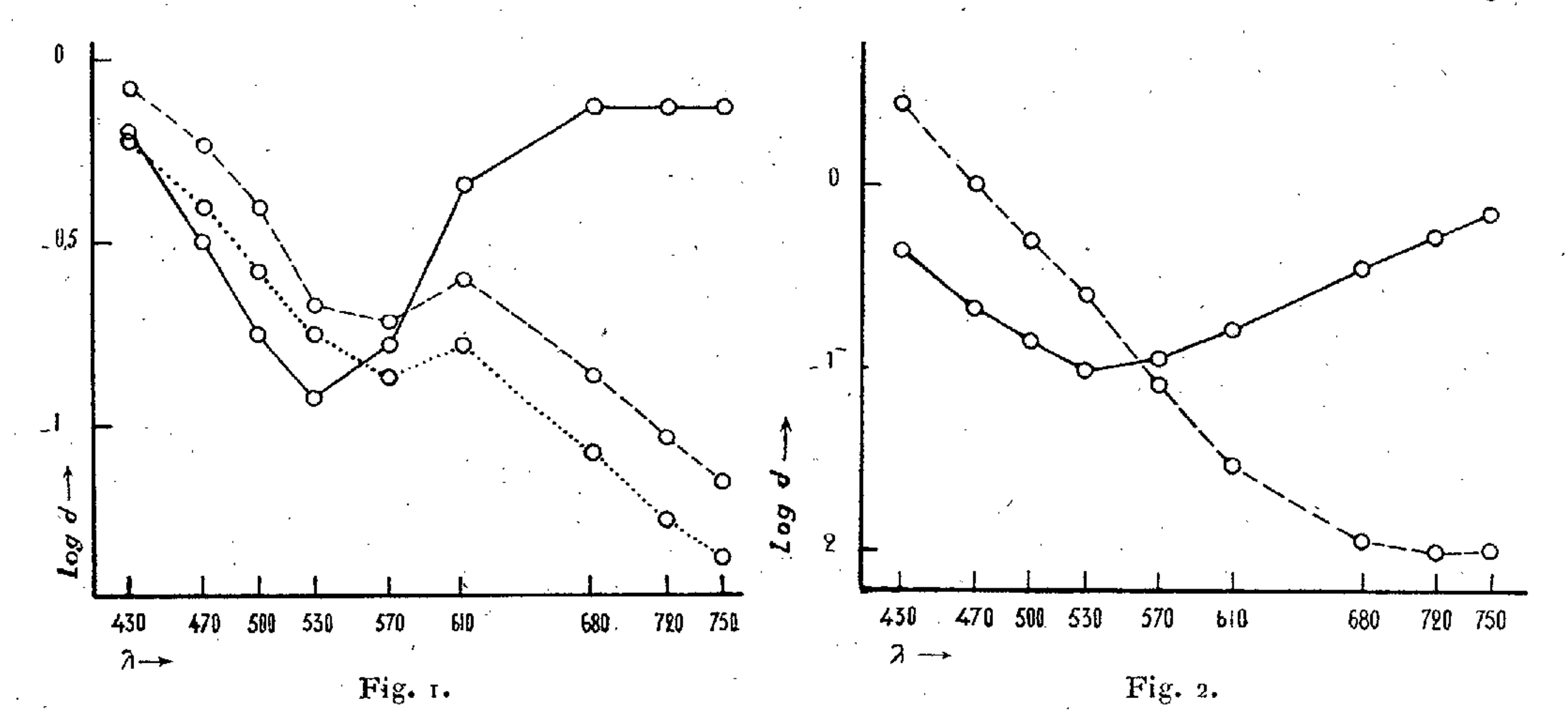


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 2 montre en trait plein la courbe d'absorption d'un sel ferreux, et en trait interrompu celle d'un sel ferrique. On voit que l'oxydation de l'élément ferreux réduit très notablement l'absorption dans le rouge et l'augmente, dans une mesure moindre, dans le bleu et le violet. Dans le jaune, aux environs de 570 mμ, elle reste sensiblement constante.

Le tracé en traits interrompus de la figure 1 montre l'effet d'une telle oxydation, réalisée par l'addition d'eau oxygénée. Dans les courtes longueurs d'onde, la densité augmente un peu ; elle baisse très notablement dans le rouge et reste à peu près inchangée dans le jaune. La courbe prend l'allure typique avec un minimum de densité dans le rouge extrême. La couleur de la substance vire du vert franc au vert jaune.

Il ne faut pas attribuer ce changement à une simple destruction du colorant par l'oxydant. En effet, ce premier virage de la couleur qui se produit très rapidement, est suivi d'un second, plus lent, qui se manifeste par une décoloration progressive de la substance. Il s'exprime par un déplacement de l'ensemble de la courbe. Le tracé pointillé de la figure 1 a été relevé 10 minutes plus tard : il accuse un changement de concentration sans changement de structure. Ainsi, l'eau oxygénée produit deux effets faciles à distinguer : l'oxydation du fer bivalent transforme le colorant atypique en colorant typique, et l'oxydation des molécules typiques en diminue la concentration. Il devient évident que c'est bien à la présence du fer bivalent que le *Vert naphtol* doit son absorption dans le rouge.

Il serait pourtant faux de considérer que les atomes métalliques agissent simplement comme des écrans additionnels se superposant à l'écran formé par

le colorant de base. Ainsi, une solution de chlorure de fer à 25 %, sous 10^{mm} d'épaisseur, absorbe 74 % des rayons de 750 mμ. Le vert naphtol à 0,01 % qui en absorbe à peu près la même proportion contient 10000 fois moins d'atomes de fer qu'elle. Il semble donc que, par un mécanisme qui reste encore à éclaircir, les éléments possédant une coloration propre peuvent imposer certaines de leurs caractéristiques à l'ensemble d'une molécule ne possédant, elle-même, qu'une coloration de structure.

Il résulte de l'ensemble de ces observations que l'existence des colorants anormaux ne constitue pas une exception à la règle d'après laquelle une absorption sélective due à la structure intramoléculaire ne peut s'étendre jusqu'à l'extrémité rouge du spectre visible.

HISTOGÉNÈSE SEXUELLE. — *Non-régression des parties inférieures des canaux de Wolff, chez des fœtus femelles de Souris dont la région ovarienne a été irradiée, au moyen des rayons X, à l'âge de treize jours.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avions constaté ([1]) chez deux fœtus femelles de Souris à ovaires détruits par les rayons X, la persistance des parties inférieures des canaux de Wolff, plus développées que chez les témoins; depuis cette date nous avons poursuivi l'étude de ce phénomène et nous rapportons, dans cette Note, de nouvelles observations faites à ce sujet.

Conditions expérimentales : 7 fœtus femelles de Souris, appartenant à 6 portées différentes, ont reçu, à l'âge de 13 jours et quelques heures, 120000 r de rayons X, sur la région dorsale du corps, au niveau où se trouvent les ovaires; la localisation de l'irradiation s'effectue (*voir* publications précédentes) en appliquant en avant (cranialement) de la hanche du fœtus l'extrémité rectangulaire (mesurant 2×3^{mm} de côté) de la fente du localisateur, le grand axe de la fente étant perpendiculaire à l'axe vertébral de l'embryon; la région irradiée est donc une aire rectangulaire englobant la partie dorsale du corps à ce niveau, sur une hauteur de 2^{mm} et les organes abdominaux compris dans cette aire (reins, gonades, canaux de Muller, partie supérieure des canaux de Wolff et des uretères). Les embryons irradiés et non traités sont sacrifiés à terme ou à la naissance (*voir* tableau); (le nouveau-né n° 1588 était mort, mais récemment ainsi que l'indiquait sa taille normale pour un irradié, ses yeux fermés, et la présence de poils sur les bords du museau; enfin la mère n'avait pas mis bas le jour précédent; le fœtus n° 1575 était également mort, très récemment; tous les autres fœtus étaient vivants).

Résultats obtenus. — L'irradiation de la région ovarienne des embryons, dans les conditions précisées ci-dessus, a provoqué une destruction très profonde ou totale des ovaires, des reins, une destruction plus ou moins importante des capsules surrénales, la destruction de la totalité des canaux de Muller (qui au

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1380.

stade de l'irradiation n'atteignaient pas encore le sinus uro-génital). Par contre, il persiste, chez tous les fœtus, les parties inférieures des canaux de Wolff. Chez cinq des sept fœtus femelles ainsi irradiés, les parties inférieures des canaux de Wolff sont beaucoup moins régressées que chez les fœtus femelles, non traités, des mêmes portées (*voir* tableau). Elles persistent sous forme de deux longs canaux, descendant dans un massif de mésenchyme situé derrière l'urètre. Cette non-régression de ces canaux est caractérisée par : *a.* une longueur considérable de la partie *continue* du canal de Wolff, qui persiste (400, 700 μ, et même, dans un cas, 975 μ, soit près de la moitié de la longueur totale du canal); en général, il ne persite, chez les fœtus femelles normaux, à terme, que de courtes portions (50 à 150 μ) des parties inférieures des canaux de Wolff (le cas des fœtus 1509 et 1511 est tout à fait exceptionnel et ces restes sont très étroits); *b.* un diamètre plus considérable que celui des restes du canal de Wolff des femelles témoins, et un épithélium plus élevé (15 à 22 μ) que chez les témoins (7-12 μ). Ces parties non régressées sont plus développées dans leur segment cranial que dans leur région caudale (qui, elle, est semblable à celle des témoins); *c.* enfin, quelques mitoses sont présentes dans quelques-unes de ces parties inférieures des canaux de Wolff des fœtus irradiés tandis qu'elles sont absentes chez les témoins.

Désignation du fœtus.	Traitement de l'embryon ♀ (*).	Age du fœtus au moment du sacrifice.	Poids du fœtus (mg).	Distance sommet du crâne-anus (mm).	Partie inférieure du canal de Wolff droit. Longueur (μ).	Diamètres max. (μ).	Partie inférieure du canal de Wolff gauche. Longueur (μ).	Diamètres max. (μ).
1489....	Irradiation à $13^j\ 8^h$	$18^j\ 6^h$	1079,6	21	90	43×34	120	59×32
1508....	» $13^j\ 12^h$	$18^j\ 8^h$	953,7	21	727	67×37	75	45×40
1510....	»	»	927,3	20	622	65×43	390	55×45
1509....	Témoin non traité	»	1323,5	25	525	40×30	645	37×27
1511....	»	»	1230,5	24,5	285	40×28	450	34×30
1536....	Irradiation à $13^j\ 9^h$	$18^j\ 7^h$	868,6	19,5	435	86×40	487	93×45
1538....	Témoin non traité	»	908,5	23	105	48×37	52	50×37
1539....	Irradiation à $13^j\ 9^h$	$18^j\ 9^h$	871,8	19,8	60	37×30	60	45×34
1575....	» $13^j\ 8^h$	$18^j\ 7^h$	934,3	19,5	735	65×37	37,5	43×37
1576....	Témoin non traité	»	988,5	23	105	48×34	45	37×25
1588 (**).	Irradiation à $13^j\ 7^h$	$19^j\ 6^h$	830,1	20,0	975	67×40	915	78×34
1587....	Témoin non traité	»	904,1	22	132	44×40	45	59×63

(*) Irradiation de la région ovarienne chez les fœtus traités; pas d'irradiation chez les témoins.

(**) Gonades totalement détruites : classé ♀ d'après la forme des résidus nécrosés des gonades et l'absence totale d'ébauche des glandes de Cowper.

Cette étude montre donc que chez ces cinq fœtus femelles de Souris, il s'est produit, consécutivement à l'irradiation de la région ovarienne, un arrêt plus ou moins important de la régression des canaux de Wolff; de nouvelles

recherches vont être entreprises pour étudier le déterminisme de ce phénomène (¹); nos constatations expérimentales actuelles paraissent indiquer que la fragmentation et la disparition de la partie inférieure des canaux de Wolff (et vraisemblablement de tout le canal) des fœtus femelles normaux ne sont pas dues à la constitution des cellules Wolffiennes (c'est-à-dire à des facteurs intracellulaires), mais sont probablement provoquées par des facteurs extérieurs aux canaux de Wolff.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les méthodes permettant de modifier le développement du système vasculaire de l'embryon des Oiseaux.* Note de MM. **Étienne Wolff** et **François Stephan**, présentée par M. Maurice Caullery.

De nombreuses anomalies de l'aire vasculaire de l'embryon d'Oiseau ont été décrites par Dareste et d'autres auteurs; elles montrent la grande malléabilité de ce système sous l'influence de diverses conditions accidentelles.

Des interventions plus ou moins précises ont été pratiquées par Dareste (¹) (différences de température d'incubation aux deux extrémités de l'œuf), par Ferret et Weber (²) (piqûres à travers la coquille), par Bremer (³) (lésions au thermocautère). Elles ont conduit ces auteurs à observer certaines déformations ou malformations de l'aire vasculaire. Mais aucune technique précise n'a encore permis d'obtenir à volonté ni de suivre les anomalies de la circulation embryonnaire. Nous avons employé deux techniques, dont l'une s'applique de préférence à l'aire vasculaire avant le début de la circulation, l'autre aux vaisseaux embryonnaires ou extra-embryonnaires déjà fonctionnels.

1. La technique de l'électrocoagulation permet d'effectuer des lésions localisées dans l'aire extra-embryonnaire avant le début de la circulation, ou dans une région non encore vascularisée de cette aire. La région lésée, qui peut être plus ou moins étendue, au gré de l'expérimentateur, est interdite à la circulation.

A titre d'exemple, nous avons pu empêcher la formation de l'une des deux artères omphalomésentériques. Cette perturbation comporte des conséquences

---

(¹) Diverses interprétations de cette non-régression des canaux de Wolff ont été proposées à la suite de notre première observation; la suppression d'une influence ovarienne inhibitrice reste possible; mais il est également possible que la destruction des canaux de Müller par les rayons X ait supprimé une influence inhibitrice qu'exerceraient normalement ces canaux (en partie par l'action mécanique due à leur allongement et à celui de leurs enveloppes) sur les canaux de Wolff non stimulés; il est possible que, du fait de sa croissance, une des voies génitales (canaux de Wolff ou de Müller) exerce, au cours du développement normal, une influence provoquant la régression de la voie génitale hétérologue quand cette dernière n'est pas stimulée hormonalement.

(¹) *Arch. Zool. exp.*, 5, 1876, p. 175-202.

(²) *Arch. Anat. micr.*, 7, 1904, p. 1-116.

(³) *Anat. Rec.*, (3), 37, 1928, p. 225-254; *Anat. Rec.*, 51, 1932, p. 275-284.

immédiates et des conséquences lointaines; elle retentit sur l'ensemble du système vasculaire extra-embryonnaire, qui reste aberrant, bien après que la lésion a été débordée, puis encerclée par le réseau vasculaire. L'artère omphalomésentérique restante colonise à elle seule l'ensemble de l'aire extra-embryonnaire, envoyant deux grosses ramifications vers le côté opposé. Il s'ensuit un déplacement de la veine vitelline descendante, qui vient se placer entre les deux branches hétéro-latérales de l'artère omphalomésentérique. (Elle se situe à droite, lorsque l'artère restante est à gauche.) Enfin l'intervention entraîne indirectement l'agénésie de la veine omphalomésentérique du côté opposé ([1]).

2. Nous avons pratiqué des ligatures sur des vaisseaux déjà formés et fonctionnels. L'intervention consiste à placer un fil assez rigide (cheveu ou fil métallique fin) sous un vaisseau, à l'endroit où l'on veut interrompre la circulation. Une extrémité du fil, formant levier, est soulevée à l'aide d'une pince, ou sous l'action d'un léger contre-poids, de telle sorte que les parois du vaisseau sont appliquées l'une contre l'autre et la circulation interrompue. Le courant sanguin peut se rétablir, si l'on relâche la pression peu de temps après l'intervention. Le phénomène est irréversible si l'on a fortement comprimé le vaisseau et légèrement surchauffé les tissus à l'endroit de la constriction. Il en est de même lorsque la pression est maintenue quelques heures et que des suppléances vasculaires se sont définitivement établies.

Le procédé est applicable aussi bien aux vaisseaux des annexes qu'à ceux de l'embryon, aux veines qu'aux artères. Les plus gros troncs vasculaires peuvent être ligaturés sans dommage pour l'embryon, à condition que la circulation trouve d'autres voies libres. Ainsi nous avons arrêté la circulation au départ de l'une des deux artères omphalomésentériques, dans la veine vitelline descendante, dans l'une des veines omphalomésentériques, dans une des branches principales de l'artère ombilicale, et nous avons ligaturé un ou plusieurs arcs aortiques du côté droit de l'embryon.

Dans les annexes, des suppléances s'établissent immédiatement par la voie des capillaires. Ceux-ci forment d'abord un réseau complexe, où le flux sanguin est dirigé suivant plusieurs voies secondaires. Peu à peu, l'une de ces voies devient prépondérante et draine tout le sang qui vient des capillaires, s'il s'agit d'une veine, ou qui s'y rend, s'il s'agit d'une artère.

La ligature des arcs aortiques droits a pour conséquence des anomalies très caractéristiques, telles que la persistance d'arcs aortiques qui disparaissent chez l'embryon normal. La suppression du 4e *arc aortique droit*, qui fournit normalement *la crosse aortique définitive des Oiseaux*, est compensée par la persistance du 3e arc aortique droit, qui joue le rôle de crosse aortique. La ligature de tous les arcs aortiques droits, à l'exception du 6e arc (arc pulmo-

---

(1) E. WOLFF et F. STEPHAN, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1018-1020.

naire) a entraîné dans certains cas la persistance et le développement *soit du* 3°, *soit du* 4° *arc aortique gauche*. Ainsi la crosse aortique passe du côté droit au côté gauche. Dans d'autres cas, tout le sang artériel était canalisé vers les carotides et vers les arcs pulmonaires. L'un de nous (⁵) étudie les modalités de ces suppléances et le sort des embryons atteints de telles anomalies.

Les premiers résultats obtenus à l'aide de ces techniques montrent que l'on peut intervenir avec précision dans la mécanique du développement du système circulatoire. La circulation extra-embryonnaire, qui se présente sous un aspect quasi schématique et constamment accessible à l'observation directe, permet d'étudier les conditions qui président à la différenciation des gros troncs vasculaires et à leur suppléance par des voies secondaires. Appliquées à la circulation embryonnaire, ces techniques apportent une contribution aux problèmes des transformations et de la rudimentation des troncs vasculaires à partir du schéma primitif.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Variation de la teneur en lipides choliniques du Doryphore, au cours de sa vie imaginale et en fonction de son alimentation*. Note (*) de MM. **Gaston Ducet** et **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Parmi les constituants organiques qui ont une action physiologique remarquable sur la fécondité du Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say), les lécithines ont plus spécialement retenu notre attention [1]. En effet, l'étude de leur rôle n'a pas été entreprise aussi largement chez les Insectes que chez les Vertébrés [2], alors que ces substances sont des constituants importants des organes végétaux en croissance [3], et, de ce fait, peuvent être ingérées par les Insectes phytophages.

Les dosages ont été effectués après destruction des tissus par l'acide nitrique dilué et précipitation de la choline sous forme d'enneaiodure [4].

L'étude des différentes fractions choliniques de l'Insecte montre que la choline lipidique est la plus importante. Nous considérons donc que les variations de la choline totale traduisent des variations des lipides choliniques (lécithines et sphingomyélines). Le tableau suivant donne les résultats de quelques dosages effectués sur des lots de 30 à 100 imagos de *L. decemlineata* de chaque sexe, prélevés à différentes périodes de leur évolution.

---

(5) F. Stephan, *C. R. Soc. Biol.*, séance de la Société de Biologie de Strasbourg du 18 décembre 1948.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Comptes rendus* (sous presse).

(2) Terroine, *Le métabolisme de base*, Paris, 1925.

(3) G. Ducet, Communication au VIIe *Cong. Soc. Chim. Biol.*

(4) G. Ducet et E. Kahane, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 28, 1946, p. 794-805.

Les résultats sont exprimés en milligrammes de choline totale par gramme de matière fraîche de l'organisme analysé, ainsi que par individu.

Phase évolutive des Insectes.	Femelles		Mâles	
	Chol. p. 1g.	par indiv.	Chol. p. 1g.	par indiv.
Dès la mue imaginale	0,875	0,104	0,755	0,069
Quelques jours après la mue imaginale	0,905	0,101	–	–
Au début de la diapause	1,130	0,155	1,250	0,151
A la fin de la diapause	0,432	0,064	0,535	0,064
Vers la fin de la ponte	1,450	0,249	1,220	0,166

Ce tableau montre que, depuis leur éclosion jusqu'à la fin de leur vie active, les adultes de Doryphore des deux sexes présentent des fluctuations assez considérables de teneur en lipides choliniques. La teneur minimum est enregistrée à la fin de la diapause et la teneur maximum pendant la phase de reproduction, surtout chez la femelle où, pour un individu, elle peut être double des autres chiffres les plus élevés.

Il a paru intéressant de rapprocher ces chiffres non seulement des fonctions physiologiques essentielles qui caractérisent chacune des phases évolutives du Doryphore adulte, mais aussi de la teneur en lipides choliniques du feuillage de Pomme de terre dont se nourrit l'Insecte. En effet, la phase reproductrice a lieu surtout au printemps, saison pendant laquelle la plante nourricière est en pleine croissance ([5]), tandis que la mue imaginale des individus de la première génération de l'année se situe au début de l'été. Or la teneur en choline totale par gramme de feuillage frais varie dans les proportions suivantes, selon la nature du prélèvement :

Date.	Variété.	Feuilles jeunes terminales.	Feuilles vieilles de base.
25 juillet 1947	Bintje	0,368mg	0,146mg
26 juin 1947	Ackersegen	0,245	0,156

Nous avons nourri des Doryphores adultes, en période de ponte, avec des feuilles de la variété *Ackersegen* contenant 0mg,176 de choline par gramme, et *supplémentées* avec une émulsion aqueuse de lécithine dosant 3mg,66 de choline totale par centimètre cube. Après deux jours d'alimentation, 56 femelles ont consommé approximativement 16 grammes de feuillage frais, représentant environ 2mg,52 de lécithine et en outre 1mg,72 de lécithine de l'émulsion. Après cette alimentation, la teneur des Insectes en choline totale était de 1mg,720 pour 1 gramme (0,290 par individu) chez les femelles et 1,440 pour 1 gramme (0,176 par individu) chez les mâles. Ces chiffres, comparés avec ceux de la dernière ligne du tableau précédemment cité, qui correspondent

([5]) P. Grison, *Comptes rendus* **219**, 1944, p. 295.

aux Insectes témoins, montrent un accroissement de la teneur en choline totale de l'animal, lorsque celui-ci est nourri avec un aliment naturellement riche, ou artificiellement enrichi, en lécithines.

En conclusion, la teneur en lipides choliniques du Doryphore adulte varie considérablement avec les phases évolutives de l'Insecte et avec la nature de son aliment. Elle croît notamment au cours de la phase de reproduction de l'animal et avec la richesse en lécithines du feuillage de Pomme de terre qui lui est offert.

ENTOMOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Une épizootie mortelle chez les chenilles de Fausses teignes des ruches,* Achroea grisella *Fabr. et* Galleria mellonella *L., due à* Cœlogregarina ephestiæ *Ghél.* Note de M. **Constantin Toumanoff**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans deux Notes précédentes, M. Ghelelovitch [1] a fait connaître une schizogrégarine du tissu adipeux des chenilles d'*Ephestia kühniella* L., la teigne de la farine, qu'il a dénommée *Cœlogregarina ephestiæ* Ghél. Cet auteur a démontré qu'expérimentalement l'infection des chenilles de l'*E. kühniella* par ce parasite s'effectue par la voie buccale et il a observé la mise en liberté des sporozoïtes dans l'intestin de l'hôte, mais sans constater leur pénétration dans l'épithélium intestinal.

Les représentants de ce nouveau genre de Sporozoaires n'ont jusqu'ici jamais été signalés chez d'autres insectes.

Les deux espèces de la mite des Abeilles qui constituent, comme on le sait, un matériel de choix pour les recherches de microbiologie expérimentale, n'ont jamais été reconnues comme infectées par des Protozoaires.

Metalnikov [2], qui a constaté chez *Galleria* et *Achrœa* de nombreuses épizooties d'origine bactérienne, n'a jamais fait mention, pas plus que tous ceux qui ont étudié ces insectes, d'une infection provoquée par quelque protozoaire.

Lorsque M. Ghelelovitch étudia l'infection d'*Ephestia* par *Cœlogregarina*, il n'existait pas, à l'Institut Pasteur, d'élevage de *Galleria mellonella* L., ou d'*A. grisella* L. De tels élevages ont été entrepris, quelques mois plus tard, dans un local où demeurait un reliquat de l'élevage d'*Ephestia* décimé par les schizogrégarines.

En examinant les chenilles d'*A. grisella* de cet élevage, j'ai constaté que

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 685-687.

(2) *Arch. de Zool. Exp. et génér.*, 85, N et R n° 3, p. 155-168; *Infection microbienne et Immunité de la mite des Abeilles* (*Monog. Inst. Pasteur*).

beaucoup d'entre elles étaient malades ou mortes. Dans le même élevage se trouvaient aussi quelques cadavres de *Galleria mellonella*.

Dans le sang des *Achrœa* malades, j'ai décelé des parasites que j'ai rapportés à *Cœlogregarina ephestiæ* Ghél. et d'innombrables sporocystes furent aussi observés dans le corps des *Galleria* mortes.

Les chenilles malades avaient, dans l'ensemble, l'aspect des chenilles d'*Ephestia* parasitées et le parasite rencontré dans le corps gras, à tous les stades de développement, correspondait exactement à la description de Ghelelovitch. Le corps gras était littéralement envahi par les grégarines et l'infection ne le cédait en rien, quant à l'intensité, à celle qui avait été observée chez l'*Ephestia*.

Dans la lumière des diverses parties de l'intestin, j'ai constaté la présence de sporocystes mûrs, parfois vidés de leur contenu et, très rarement, de jeunes schizontes. Parfois les sporocystes étaient profondément insérés entre les cellules de l'épithélium intestinal; pourtant le passage des sporozoïtes de l'intestin dans la cavité générale n'a pas été observé.

L'infection des mites d'Abeilles *per os* apparaît cependant possible, d'autant que les sporocystes mûrs ont été rencontrés dans les débris de cire et les cadavres des insectes morts. Mais une autre constatation m'a amené à suspecter une deuxième porte d'entrée à l'infection.

Dans les trois bocaux où s'est déclarée l'épizootie à *Cœlogregarina,* j'ai reconnu la présence de l'Hyménoptère *Dibrachys boucheanus* Ratz., Chalcidide parasite spécifique de la mite des Abeilles.

M. Ghelelovitch m'a fait connaître que cet insecte, ainsi qu'un autre Hyménoptère entomophage de plus grande taille, existait aussi dans ses élevages d'*Ephestia* parasités par *Cœlogregarina*.

Dans mes deux autres élevages d'*Achrœa* et de *Galleria* qui furent conservés dans un autre local, les *Dibrachys* faisaient défaut; or, toutes les chenilles furent reconnues en bonnes conditions et l'examen de sang de nombreux individus n'a pas permis d'y déceler la présence des grégarines. Enfin, la révision récente d'un élevage (le seul qui ne fut pas exterminé par la maladie) a permis de constater la disparition de l'infection, avec celle des *Dibrachys*.

L'épizootie à *Cœlogregarina* qui s'est manifestée chez les mites des Abeilles m'apparaît donc subordonnée à la présence de ces hyménoptères.

Rappelons (³) que Metalnikov a établi expérimentalement la transmission de divers agents microbiens par ces chalcidiens chez *Galleria mellonella* et que Paillot envisageait, *a priori*, comme possible, le même mode de transport pour certains Protozoaires, notamment pour *Thelohania mesnili* (⁴).

Quoi qu'il en soit, de nos observations ressort la constatation entièrement

(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 729.
(⁴) *L'infection chez les Insectes*, 1933.

nouvelle chez les Chenilles des deux espèces de la mite des Abeilles, d'une épizootie à Protozoaire, la première reconnue chez ces insectes. Il s'agit vraisemblablement d'une adaptation, tout à fait exceptionnelle, d'un parasite normalement étranger à ces hôtes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets du benzopyrène et du méthylcholanthrène sur l'embryon du Cobaye.* Note de Mme **Vera Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

I. *Un contact direct* de ces substances avec l'embryon fut assuré en injectant une solution huileuse dans la cavité allantoïdienne, ou mieux encore dans l'embryon même. Au bout de quelques jours la gouttelette d'huile était fragmentée par les mouvements de l'embryon; occasionnellement, on la reconnaissait au travers de ses téguments encore transparents.

Toute dose au-dessus de $0^{mg},12$ dans $0^{cm^3},01$ du solvant entraîne régulièrement la mort de l'embryon âgé de 15 à 20 jours. Étrangères à l'embryon, ces substances ne lui sont pas indifférentes; elles provoquent des effets multiples dans ses tissus : le foie et la rate de l'embryon, son système hématopoiétique particulièrement, sont altérés. J'ai réussi, avec des doses plus faibles, $0^{mg},06$, à mener quelques sujets jusqu'à terme, mais les petits naissent moins vigoureux et demandent des soins particuliers pour se maintenir en vie. Il reste à voir, si, dans l'avenir, ceux-ci manifesteront des effets spéciaux de leur traitement.

II. Pour éliminer tout effet mécanique de l'intervention, j'ai essayé de faire parvenir ces substances à l'embryon à travers le placenta. Des injections à la mère durant sa grossesse (5^{mg} tous les cinq jours) sont bien supportées par elle, alors que l'embryon réagit fortement; sa réaction est très semblable à celles que ces mêmes substances provoquent par contact direct. *Le placenta se montre, selon toute évidence, perméable aux substances cancérigènes.*

Les embryons atteints, soit par voie directe, soit au travers du placenta, manifestent des effets apparents dans leur métabolisme général, dont un, fort curieux, concerne les yeux. Des cornées devenues, denses et blanchâtres, voilent leur vue, jusqu'à les rendre aveugles, incapables de distinguer des obstacles, ni le bout de la table, qu'ils franchissent sans hésiter.

On transgresserait un raisonnement logique, si l'on voulait assimiler les effets de ces deux substances cancérigènes à ceux des facteurs cancérigènes naturels portés par une mère cancéreuse, réellement ou potentiellement. Cependant, il serait permis de se demander si *le mécanisme* qui, dans nos expériences, amène vers l'embryon les substances cancéreuses véhiculées par la mère, n'interviendrait pas dans des cas de cancer dits héréditaires : en d'autres termes, si les

produits d'un métabolisme altéré de la mère cancérigène, réellement ou potentiellement, n'entraîneraient pas, dans l'organisme futur, des effets analogues à ceux qui sont révélés par la mère, *en traversant le placenta*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur le rôle des « glandes ventrales » dans la mue et la métamorphose, chez* Aeschna cyanea *Müll.* (*Odonata*). Note de Mme **Donna Deroux-Stralla**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons signalé dans un travail précédent (1) la présence, chez les larves d'Odonates, d'une paire de glandes situées latéralement dans la partie ventrale postérieure de la tête, au niveau des replis hypodermiques du postocciput. Ces formations glandulaires peuvent être assimilées aux « glandes ventrales » décrites par Pflugfelder chez *Dixippus morosus* (2) et chez d'autres hétérométaboles (3). Cet auteur a étudié le cycle de sécrétion de ces formations et leur a attribué un rôle dans la physiologie de la mue et de la métamorphose.

Nous avons donc essayé de contrôler l'action de ces glandes, en procédant à des ablations électives sur des larves d'*Aeschna cyanea* à différents stades. Nous avons réalisé deux types d'expériences : 1° ablation des glandes ventrales chez des larves de l'avant-dernier stade larvaire; 2° ablation des glandes ventrales chez des larves du dernier stade larvaire.

1° *Ablation des glandes ventrales chez des larves de l'avant-dernier stade larvaire.* — Les animaux furent opérés le lendemain ou le surlendemain de l'avant-dernière mue larvaire et élevés concurremment avec des témoins gardés dans des conditions identiques. La durée normale de ce stade est de 18 jours en moyenne (avec un maximum de 20 jours et un minimum de 16 jours). Pour tous les animaux ayant subi l'ablation des glandes ventrales, la mue a eu lieu avec un retard sensible : la période d'intermue ayant duré de 30 à 39 jours. L'exuviation a toujours été anormale, soit qu'elle ne se produisît que dans certaines parties du corps (quelques segments de l'abdomen par exemple), soit que l'exuvie présentât une épaisseur et une opacité inhabituelles. Il est intéressant de rappeler que Bounhiol a obtenu, chez *Bombyx mori*, des exuvies charnues et épaisses à la suite de greffes de *corpora allata* chez des larves ayant à subir la nymphose (4).

2° *Ablation des glandes ventrales chez des larves du dernier stade larvaire.* — Les animaux furent opérés 5 jours après la dernière mue larvaire. Les témoins, élevés en même temps et gardés dans des conditions identiques, se métamor-

(1) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 78, 1943, p. 31-36.
(2) *Z. f. wissen Zool.*, 151, 1938, p. 149-191.
(3) *Biol. Zentr.*, 66, 1947, p. 211-235.
(4) *Bull. Biol. Supp.*, 24, 1938, p. 1-199.

phosèrent tous entre le 46e et le 54e jour après la dernière mue, ce qui correspond à une durée moyenne de 50 jours pour le dernier stade larvaire. Les larves ayant subi l'ablation des glandes ventrales furent sacrifiées entre le 58e et le 106e jour après la mue et fixées immédiatement. Elles ne présentèrent aucun des signes extérieurs précurseurs de la métamorphose.

Au moment de la mue imaginale, la morphologie externe subit des transformations très visibles au niveau : *a*, des yeux à facettes, *b*, des ébauches alaires et *c*, du labium.

a. Transformations au niveau des yeux à facettes. — Quelques jours après la dernière mue larvaire, la pigmentation sombre de l'œil commence à s'étendre vers l'angle postérieur du bord de l'œil larvaire. L'extension se fait lentement, mais de façon continue, si bien qu'au début de la métamorphose, les yeux à facettes s'accroissent considérablement en avant jusqu'au-dessous du vertex et en arrière jusqu'à l'arête occipitale, en présentant une ligne de contact médian.

b. Transformations au niveau des ébauches alaires. — Elles se gonflent peu à peu et abandonnent leur position appliquée sur l'abdomen, pour se placer verticalement par rapport à la surface du corps et parallèlement l'une à l'autre.

c. Transformations au niveau du labium. — Des phénomènes de destruction apparaissent à l'intérieur du masque; le muscle adducteur du lobe latéral se rétracte en s'opacifiant et en s'amincissant.

Chez les animaux opérés, les yeux conservent leur aspect et leur taille larvaires, les étuis alaires restent appliqués l'un sur l'autre et ne présentent aucun signe de gonflement. Dans le labium, on peut voir le muscle adducteur du lobe latéral qui garde son volume larvaire.

Ces observations furent complétées par des examens histologiques de la région céphalique des animaux opérés : aucun signe d'exuviation n'est visible au niveau de l'hypoderme et des trachées.

On peut donc conclure que les formations considérées jouent un rôle prépondérant dans les phénomènes de mue et de métamorphose, la mue larvaire ou imaginale ne pouvant s'effectuer normalement en leur absence, mais l'action sur la dernière mue larvaire et sur la mue imaginale se manifestant d'une manière différente : exuviation anormale ou incomplète dans le premier cas, suppression complète de la métamorphose dans le second.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Œstrogènes artificiels : acides β-naphtylpropioniques substitués.* Note de MM. **Alain Horeau, Jean Jacques** et **Sylvestre Julia**, présentée par M. Robert Courrier.

La suppression d'un hydroxyle phénolique entraîne, pour la plupart des substances fortement œstrogènes, une diminution considérable de l'activité physiologique. C'est ainsi que l'acide 7-désoxybisdéhydrodoisynolique est

environ cinquante fois moins actif que l'acide bisdéhydrodoïsynolique ([1]). Il en est de même dans la série de l'équilénine, la *d-l*-désoxyéquilénine est inactive à 500γ ([2]).

Il nous a paru intéressant de poursuivre cette comparaison dans la série des acides allénoliques (acides amphihydroxynaphtylpropioniques substitués du type I), dont deux représentants, les acides $\alpha\alpha$ β triméthyl (I*a*) et $\alpha\alpha$ diméthyl β éthyl (I*b*) substitués sont des œstrogènes d'une grande puissance ([3]).

La présente Note porte sur la préparation des acides *désoxy*-allénoliques correspondants (II*a* et II*b*). Ces corps sont encore très fortement actifs : dans ce cas, la suppression de l'hydroxyle phénolique atténue de façon moins sensible l'activité œstrogène. Les acides II*a* et II*b* sont environ dix fois moins actifs que leurs homologues méthoxylés.

CH_3O—naphtyl—CH(R)—C(CH_3)(CH_3)—CO OH

(I).
(I *a*) : R = CH_3,
(I *b*) : R = C_2H_5.

naphtyl—CH(R)—C(CH_3)(CH_3)—CO OH

(II).
(II *a*) : R = CH_3,
(II *b*) : R = C_2H_5.

Ces acides nouveaux ont été préparés par les méthodes précédemment utilisées ([4]).

Le β-cyanonaphtalène, soumis à la réaction de Blaise en présence de zinc et de bromoisobutyrate d'éthyle, fournit le β-naphtoyldiméthylacétate d'éthyle III (E_{14} 204°; Tr. C 75,4; H 6,9; Calc. C 75,5; H 6,7 pour $C_{17}H_{18}O_3$). Cet ester β-cétonique, par action d'une molécule d'iodure de méthyl-magnésium, donne un carbinol qui est directement déshydraté en ester éthylénique qu'on saponifie par la soude dans le méthylglycol. L'acide éthylénique IV (F 90°; Tr. C 79,4; H 6,5; Calc. C 80,0; H 6,7 pour $C_{16}H_{16}O_2$) est hydrogéné à l'état de sel de sodium en présence de nickel Raney pour donner II_a : F 101-102° (Tr. C 78,9; H 7,6; Calc. C 79,3; H 7,5 pour $C_{16}H_{18}O_2$).

naphtyl—CO—C(CH_3)(CH_3)—CO O C_2H_5

(III).

naphtyl—C(=CH_2)—C(CH_3)(CH_3)—CO OH

(IV).

([1]) Anner et Miescher, *Helv. Chim. Acta*, 29, 1946, p. 592.

([2]) Bachmann et Wilds, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2084.

([3]) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1401.

([4]) Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 862 et Jacques et Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 711.

La même suite de réactions, mais en utilisant le bromure d'éthyl-magnésium fournit, à partir de III, un ester éthylénique (V) qu'on hydrogène en présence de noir de platine. L'ester saturé, donne par saponification, l'acide II*b* qui, recristallisé dans le méthanol aqueux, fond à 134-135°. (Tr. C 79,15; H 7,85; Calc. C 79,65; H 7,85 pour $C_{17}H_{20}O_2$). L'acide éthylénique obtenu à partir de l'ester éthylique correspondant (V), fond à 97-98° (Tr. C 80,2; H 6,95; Calc. C 80,3; H 7,1 pour $C_{17}H_{18}O_2$). Celui-ci peut être également préparé à partir du propionyl-2 naphtalène par réaction de Réformatzky avec le bromoisobutyrate d'éthyle. La réaction est plus facile avec le zinc qu'avec le magnésium; les rendements sont cependant notablement plus faibles que dans la série méthoxylée précédemment décrite.

Les essais biologiques détaillés de ces substances et de quelques autres feront ultérieurement l'objet d'un mémoire d'ensemble.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Réalisation d'une carence nicotinique chez le Colibacille*. Note de M. **Yves Raoul** et Mlle **Christiane Marnay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Krehl, Teply et Elvehjem ([1]) ont montré en 1945 que l'acide nicotinique peut, à dose environ quarante fois plus faible, remplacer le tryptophane chez le Rat soumis à un régime partiellement déficient en cet amino-acide. La même substitution a été reconnue possible chez de nombreux organismes et les travaux de Bealde, Mitchell et Nyc ([2]) sur *Neurospora* ont permis de préciser qu'il s'agit d'une synthèse de l'acide nicotinique à partir du tryptophane. La cynurénine et l'acide 3-hydroxy anthranilique sont des intermédiaires au cours de cette transformation.

Fildes ([3]) ayant montré que l'acide 2-(3-indolyl) acrylique inhibe la synthèse du tryptophane chez le Colibacille, nous nous sommes demandé si, dans ces conditions, l'acide nicotinique ne ferait pas défaut. L'expérience rapportée ici a donc consisté à compenser l'action bactériostatique de l'acide 2-(3-indolyl) acrylique avec l'acide ou l'amide nicotiniques et avec le tryptophane à titre de comparaison.

Technique et résultats. — Le Colibacille (souche Monod de l'Institut Pasteur) est cultivé sur milieu de Lwoff et Querido ([4]) dans des fioles ou des tubes à cuve de lecture photométrique ([5]) permettant de suivre, sans transvasement,

---

([1]) *Science*, 101, 1945, p. 283.
([2]) *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 33, 1947, p. 155 et 34, 1948, p. 1.
([3]) *Brit. Journ. Exp. Path.*, 22, 1941, p. 293.
([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1039.
([5]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 183.

l'opacité des cultures à l'aide de l'électrophotomètre de P. Meunier. Les différentes additions aux milieux de culture ainsi que les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

Culture du Colibacille en présence de l'acide 2-(3-*indolyl*) *acrylique* (A. I. Ac.), *du d.l-tryptophane* (*d*, *l*T), *de l'acide nicotinique* (Ac. N) *et de l'amide nicotinique* (Am. N).

				Intensité (¹) de la culture après			
A. I. Ac.	*d*, *l*. T.	Ac. N.	Am. N.	15ʰ.	20ʰ.	25ʰ.	40ʰ.
o	o	o	o	++	++++	+++++	+++++
M^{-4}	o	o	o	o	o	tr	+++++
M^{-4}	5 M^{-4}	–	–	o	tr	+	+++++
M^{-4}	M^{-3}	–	–	o	tr	++	+++++
M^{-4}	1,5 M^{-3}	–	–	+	++++	+++++	+++++
M^{-4}	o	2 M^{-5}	–	o	tr	+	+++++
M^{-4}	–	M^{-4}	–	tr	+	++++	+++++
M^{-4}	–	2 M^{-4}	–	+	+++	+++++	+++++
M^{-4}	–	3 M^{-4}	–	+	++++	+++++	+++++
M^{-4}	–	M^{-3}	–	o	tr	+	+++++
M^{-4}	–	2 M^{-3}	–	o	tr	+	++++
M^{-4}	–	3 M^{-3}	–	o	+	++	++++
M^{-4}	–	o	3 M^{-4}	o	tr	++	–
M^{-4}	–	–	3 M^{-3}	o	o	+	–
M^{-4}	–	–	3 M^{-2}	tr	+	+++	–

(¹) L'opacité des cultures est mesurée avec l'électrophotomètre de P. Meunier, sous 10ᵐᵐ d'épaisseur et notée pour les différentes valeurs de densités optiques comme il suit :

de o à o,o5..... tr — de o,15 à o,25..... ++ — de o,35 à o,45..... ++++
de o,o5 à o,15..... + — de o,25 à o,35..... +++ — de o,45 à o,55..... +++++

Discussion. — L'examen du tableau précédent montre que l'acide nicotinique, à concentration environ dix fois moins élevée que le tryptophane, rétablit la multiplication presque normale du Colibacille arrêtée par l'acide 2-(3-indolyl) acrylique. L'amide nicotinique est moins efficace dans ce cas.

Ellinger et Abd el Kader [6] ont montré que l'addition de tryptophane n'augmente pas la formation d'amide nicotinique par le Colibacille, contrairement à l'addition d'ornithine par exemple qui multiplie par 4 la production de vitamine PP. Il n'est donc pas possible de démontrer, dans les conditions expérimentales de ces auteurs, que le Colibacille peut faire la synthèse de l'acide nicotinique à partir du tryptophane. L'expérience rapportée ici apporte au contraire une vérification de cette hypothèse. Rapprochée des travaux des auteurs britanniques, elle permet d'affirmer que le Colibacille produit normalement une quantité de tryptophane largement suffisante pour la transforma-

(6) *Biochem. Jour.*, **42**, 1948, nº **1**, IX.

tion ultérieure en acide nicotinique et que l'acide 2-(3-indolyl) acrylique réduit presque uniquement la marge excédentaire de l'acide aminé normalement employée pour la synthèse de la vitamine PP.

En *conclusion,* l'acide nicotinique permet de neutraliser plus efficacement que le tryptophane, l'action bactériostatique de l'acide 2-(3-indolyl) acrylique chez le Colibacille.

A 16h15m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h5m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 6 septembre 1948.)

Note présentée le même jour, de MM. *Joseph Janin* et *Charles Eyraud*, Recherches spectroscopiques sur l'arc électrique de très faible intensité :

Page 524, ligne 20, *au lieu de* 1200°K. dans la tache cathodique, *lire* 1200°K. dans la tache anodique.

(*Comptes rendus* du 3 novembre 1948.)

Note présentée le 18 octobre 1948, de Mme *Pauline Ramart-Lucas* et M. *Modeste Martynoff*, Sur la nature de l'isomérie des nitrosophénols, des quinone-oximes et de leurs dérivés acylés, d'après les spectres d'absorption :

Page 907, première ligne, *au lieu de* est erphénolique, *lire* ester phénolique.

Même page, dans le tableau, *au lieu de* P.F. 190°, *lire*

(dichloro-2,3 : O=C₆H₂Cl₂=N.O.CO.C₆H₅ ring structure)

$O{=}C_6H_2Cl_2{=}N.O.CO.C_6H_5$ (P.F. 190°)

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1948

(*suite et fin*).

Revue canadienne de biologie. Vol. VI. N° 3. *Contribution à l'étude des formations végétales et des sols humifères correspondants des massifs du Benna et du Fouta-Djallon* (*Guinée française*), par CHARLES KILLIAN et R. SCHNELL. Montréal, Organe officiel des Sociétés de biologie de Montréal et de Québec, 1947; 1 vol. 25cm,5.

Id. — Vol. VII. N° 3. *Relations mutuelles entre le* Tuburcinia Schizocaulon (*Ces.*) *maire et son hôte.* Odontites lutea *Rchb.*, par CHARLES KILLIAN. Montréal, Organe officiel des Sociétés de biologie de Montréal et de Québec, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'Histoire des Sciences. N° 1. *Proclus de Lycie. Les commentaires sur le premier livre des éléments d'Euclide*, traduits du grec en français, avec une introduction et des notes, par PAUL VER EECKE. Bruges, Desclée de Brouwer et Cie, 1948; 1 vol. 28cm.

Effect of glucose, Peptone, and Salts on Streptomycin Activity, by SAMUEL R. GREEN, and SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 1948; 67, p. 281-285; 1 fasc. 25cm.

Effect of Organic Acids on Streptomycin Activity, by SAMUEL R. GREEN, WARREN P. IVERSON, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 1948, 67, p. 285-288; 1 fasc. 25cm.

Strain specifity and production of antibiotic substances. VIII. *Production of a grisein-like antibiotic by a strain of streptomyces griseus*, by WARFIELD GARSON, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. XXXIV, n° 6, 1948; 1 fasc. 25cm.

Production of citric acid in Submerged Culture, by EDWARD O. KAROW, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Industrial and engineering chemistry*. Vol. XXXIX, 1947; 1 fasc. 28cm,5.

Use of Streptomycin-dependent Strains of bacteria for demonstrating the Ability of microorganisms to Produce Streptomycin, by WARREN P. IVERSON, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Science*, 1948; Vol. CVIII, n° 2806; 1 fasc. 25cm.

Journal of Bacteriology. Vol. LIV, 1947 : *An Actinophage for Streptomyces griseus*, by H. CHRISTINE REILLY, DALE A. HARRIS, SELMAN A. WAKSMAN. — Vol. LV, 1948 : *Grisein, an antibiotic produced by certain Strains of Streptomyces griseus*, by DONALD M. REYNOLDS, SELMAN A. WAKSMAN; — Vol. LVI, 1948 : *Streptomyces griseus* (*Krainsky*) *Waksman and Henrici*, by SELMAN A. WAKSMAN, H. CHRISTINE REILLY, DALE A. HARRIS; — Vol. LV, n° 3, 1948 : *The production of Streptomycin by Streptomyces bikiniensis*, by DONALD B. JOHNSTONE, SELMAN A. WAKSMAN; 4 fasc. 25cm.

Production of antibiotic substances by Fusaria, by DIEGO A. TEXERA. Extrait de *Phytopathology*, 1948. Vol. XXXVIII, n° 1; 1 fasc. 26cm.

A Rapid Method for Demonstrating the Identity of Streptomycin-Producing Strains of Streptomyces griseus, by SELMAN A. WAKSMAN, H. CHRISTINE REILLY, DALE A. HARRIS. Extrait de *Proceedings of the Society for experimental Biology and Medicine*, 1947, 66, p. 617-619; 1 fasc. 26cm.

Journal de Monaco. *Numéro spécial relatant les cérémonies commémoratives du Centenaire de la naissance de S. A. S. le Prince Albert Ier*. Monaco, Imprimerie nationale, 1948; 1 fasc. 28cm.

Tableaux des réactifs pour l'analyse minérale. Troisième rapport de la Commission internationale des réactions et réactifs analytiques nouveaux de l'Union internationale de Chimie. Paris, Librairie Istra, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Catalogue des types de Poissons du Muséum national d'histoire naturelle. IVe Partie. *Ostariophysaires (Cypriniformes)*, par LÉON BERTIN et ROLANDE ESTÈVE. Paris, 1947; 1 fasc. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 13 DÉCEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

M. **HENRI VILLAT** prononce l'allocution suivante :

MES CHERS CONFRÈRES,

L'année qui s'achève a apporté à notre Académie son inévitable moisson de deuils. Selon une pieuse tradition, à laquelle je ne saurais manquer, il appartient à votre Président de célébrer aujourd'hui le souvenir des Confrères qui nous ont été enlevés.

Lourd est le tribut prélevé en 1948 par la grande et impitoyable faucheuse : à côté de notre Secrétaire perpétuel **ALFRED LACROIX**, nous avons vu successivement disparaître **HENRI DESLANDRES**, dans la Section d'Astronomie, **MARCEL BRILLOUIN**, en Physique générale, **GUSTAVE ROUSSY**, parmi les Membres libres, **LOUIS LUMIÈRE**, dans la Section des applications de la Science à l'Industrie, **GODFREY HAROLD HARDY**, un de nos associés étrangers. Parmi nos Correspondants, six Collègues nous ont été enlevés : **JACQUES DE LAPPARENT**, **MAURICE LERICHE**, en Minéralogie ; **ERNEST PINOY**, en Botanique ; **DIMITRI PRIANICHNIKOV**, en Économie rurale ; **LOUIS LÉGER** et **JOHAN HJORT**, en Anatomie et Zoologie.

C'est le 16 mars dernier que disparaissait **ALFRED LACROIX** (1), qui fut l'un de nos Secrétaires perpétuels pendant 34 années. La perte que subissait l'Académie est une de celles qui peuvent difficilement se mesurer. Né à Mâcon en 1863, notre grand Confrère avait été très rapidement entraîné vers les études minéralogiques qu'il devait illustrer magistralement. A 30 ans il était professeur de Minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, à 40 ans il était élu membre de l'Académie des Sciences, à 50 ans il en devenait Secrétaire perpétuel. Ses travaux ont été nombreux et considérables. Il a été « l'homme des pierres », le « philosophe des minéraux et des roches », l'homme du monde qui ait le mieux connu les roches et les volcans. Ses hautes charges, qu'il remplissait avec une conscience et une bonté auxquelles on a rendu maintes

---

(1) Notice par Henri Villat, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 973.

fois hommage, ne l'empêchaient pas de demeurer un voyageur et un travailleur infatigable. Il considérait la matière minérale non comme une fin, mais comme un moyen de spécification pour des buts d'histoire naturelle, trouvant sa voie sur le terrain et au laboratoire dans l'univers de la Minéralogie, de la Physique du Globe et de la Géologie, en naturaliste vivement attiré par les recherches dans les colonies lointaines, et courant volontiers le monde à la poursuite des volcans, de leurs éruptions et de leurs produits.

Alfred Lacroix, qui disparaît comblé d'honneurs, laisse un immense vide et le grand exemple d'un homme et d'un savant qui ont honoré hautement notre pays.

La Section d'Astronomie a perdu, le 15 janvier, **Henri-Alexandre Deslandres** (1), à cette date, son doyen d'élection. Poussé dès son jeune âge vers l'astronomie par une vocation irrésistible, doué d'un zèle inlassable, d'un vaste esprit d'invention, et d'un jugement sûr et modéré, il a laissé une grande œuvre dans les Observatoires de Paris et de Meudon. Ses succès en spectroscopie et en astrophysique ne se comptent pas. Soit par des constructions d'appareils nouveaux, soit par des mesures de précision, il a dégagé des méthodes qui ne le cèdent en rien aux méthodes classiques de l'astronomie de position.

Ses études sur les spectres gazeux, sur les spectres de bandes (qu'il a réussi, le premier, à résoudre en raies fines), font autorité. Il a découvert, en même temps que Hale en Amérique, de nouvelles radiations de la chromosphère, qui ont été précieuses pour la photographie et l'étude des protubérances solaires, si brillamment étudiées, depuis, par de nouvelles méthodes, par notre Confrère Bernard Lyot. L'atmosphère solaire, les taches du Soleil, ont cédé à Deslandres quelques-uns de leurs mystères, et notre Confrère a tiré, du rayonnement cathodique, des hypothèses d'une belle audace, qui élucideront sans doute bien des points de la théorie de notre grand luminaire.

Deslandres a également laissé de nombreux travaux sur les spectres moléculaires. Il a été, jusqu'à sa fin, un ardent et inlassable travailleur.

Le 16 juin dernier, s'éteignait à Paris, un des grands physiciens de notre époque, **Marcel Brillouin** (2). Les débuts de sa carrière avaient fait de lui, par suite d'heureuses circonstances (et de plus heureuses dispositions naturelles) à la fois un excellent mathématicien et un non moins excellent physicien. Les qualités, rarement réunies vers la fin du siècle dernier, des deux disci-

(1) Notice par Henri Villat, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 201.

(2) Notice de Henri Villat, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2029.

plines, ont permis à Marcel Brillouin d'occuper un rang éminent dans toute la Physique moderne. S'il est vrai, comme l'a remarqué un humoriste, que la faculté de voir juste soit, dans l'examen des phénomènes naturels, une des qualités les plus chichement réparties, on peut dire que Marcel Brillouin avait reçu, de cette faculté, une part qui aurait pu suffire à un grand nombre à la fois de ses émules. Ceci explique pourquoi il n'a pas confiné son effort sur les phénomènes dits exceptionnels, à propos desquels il est relativement plus aisé d'écrire du nouveau. Moins séduisants à première vue, les phénomènes courants considérés comme connus depuis longtemps, — mais souvent mal interprétés parce qu'ils ont été vus incomplètement, — ont retenu davantage son attention. C'est ainsi que Marcel Brillouin a consacré de longues et belles études à la plasticité et à la fragilité des solides, à la théorie du frottement ou de la viscosité. En Hydrodynamique, il a été vraiment un précurseur, et chacun sait le progrès qu'il a fait faire aux doctrines d'Helmholtz; il a incontestablement contribué essentiellement à la transformation de la Mécanique des Fluides, à laquelle nous assistons aujourd'hui.

Dans la théorie des gaz, la thermodynamique, la relativité, les questions intéressant les spectres, dans la prodigieuse effervescence provoquée par toutes ces théories nouvelles, Brillouin a joué aussi un rôle de premier plan. Il a su faire voir comment il est possible de retrouver le discontinu des quanta par une théorie, d'essence continue : c'était se montrer un hardi précurseur de la Mécanique ondulatoire. La physique du Globe et la Météorologie, puis la Théorie des marées, doivent également beaucoup à Marcel Brillouin. En bref, aucune grande théorie de la Physique mathématique n'a été sans recevoir de lui une impulsion importante.

Ce qui peut-être est plus important encore, c'est que Marcel Brillouin a su personnifier noblement l'âme française. D'un caractère simple et ouvert, dédaigneux des fausses apparences, soucieux des profondeurs, fidèle aux amitiés, capable de toutes les délicatesses, capable aussi de tous les efforts désintéressés, il a animé de son rayonnement et de sa foi plusieurs générations de travailleurs et de savants. Je lui ai dû personnellement beaucoup; et ce m'est un devoir précieux et sacré, de le redire une fois encore aujourd'hui.

Le 30 septembre 1948, la Section des Membres libres a perdu en **Gustave Roussy** (1) un médecin et un neurologue notoire, qui fut successivement professeur à la Faculté de Médecine de Paris, doyen de cette Faculté, puis recteur de l'Académie de Paris. Il a laissé des travaux considérables sur l'anatomie de l'œil, sur les localisations corticales, sur la genèse des cavités médullaires. Ses études sur les glandes endocrines ont fait une véritable révo-

(1) Notice par Henri Villat, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 701.

lution dans les sciences médicales : d'abord violemment discutées, elles ont été, après toutes les confrontations expérimentales désirables, admises et consolidées définitivement.

Mais l'œuvre principale de Gustave Roussy a eu pour objet le cancer sous toutes ses formes, et l'étude de la protection et de la guérison de cette maladie redoutable. Il n'est ici personne qui puisse ignorer les incessants efforts de Roussy, et son immense participation personnelle, pour la création et la vie de cet Institut du Cancer dont il était le Directeur, et qui constitue aujourd'hui une part éminente du patrimoine français. L'organisation de cet Institut a servi de modèle à plusieurs établissements analogues à l'étranger. Les services que Gustave Roussy a rendus ainsi au pays commandent le respect et l'admiration.

Le 6 juin dernier, la mort de **Louis Lumière** (1) mettait en deuil notre Section des Applications de la Science à l'Industrie. L'une des particularités les plus nouvelles de l'époque actuelle, comparée aux siècles passés, est sans doute l'influence foudroyante de la science sur l'existence quotidienne, sur la manière de vivre de l'humanité. Le plus souvent cette action de la science sur la vie est le résultat d'une longue œuvre collective ; elle est rarement due à l'action d'un homme isolé, créant à lui seul une invention dont l'influence se révèle immédiate et universelle.

Tel fut cependant le cas pour Louis Lumière, au nom prédestiné. Tous les efforts de cet infatigable chercheur furent concentrés autour de la photographie. C'est à cette science, à cette industrie, à cet art, que Lumière a consacré l'essentiel de ses recherches et tout homme civilisé sait la prodigieuse réussite de ses travaux. Chacun connaît tout ce que lui doit l'invention du cinématographe (auquel il a peut-être souhaité un avenir différent de celui auquel il a assisté.) Et dans la photographie des couleurs, après la technique, si délicate et difficile de Lippmann, Lumière a mis au point le procédé, aujourd'hui courant, de la plaque autochrome.

Le nom de Lumière s'attache encore à bien d'autres problèmes : le panorama, le relief, ont retenu son attention ; il a étudié un procédé de cinéma en relief (au moyen de lunettes appropriées), qui n'est pas loin de la réalisation pratique industrielle.

Par ses principales inventions, Louis Lumière a été un grand créateur d'illusions, c'est là un beau service rendu à l'humanité ; ce service gardera, pour l'avenir, son nom de l'oubli.

Un grand et illustre Mathématicien anglais, **Godfrey Harold Hardy** (2),

---

(1) Notice par Henri Villat, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1865.

(2) Notice par Henri Villat, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 285.

associé étranger de notre Académie a disparu le 1er décembre 1947. Hardy a été l'un des représentants les plus éminents de la nouvelle École Mathématique anglaise. Avec son ami et collaborateur Littlewood, il a marqué profondément son empreinte dans les Théories modernes de l'Analyse et de la Théorie des Fonctions, en liaison avec la Théorie des Nombres, qui fut son domaine favori. Presque toute sa carrière s'est déroulée à Cambridge et au « Trinity College », où son influence et sa réputation acquirent un éclat exceptionnel. Il est impossible de retracer ici, même en abrégé, les grandes lignes de ses recherches; celles-ci sont restées justement célèbres, fournissant des réponses, d'une élégance étonnante, à des questions classiques, réputées souvent désespérées. Ses travaux sur la partition des nombres, sur les nombres premiers, sur les zéros de la fonction dzèta de Riemann, sont d'un grand maître. Hardy a occupé un rang exceptionnel dans le monde mathématique moderne, sa disparition a été une très grande perte pour la Science.

En mai dernier, la Section de Minéralogie a perdu l'un de ses Correspondants en la personne de **Jacques de Lapparent** (1). Jacques de Lapparent appartenait à une famille spécialement vouée à notre Académie; son père en avait été Secrétaire perpétuel et il y comptait, dans sa belle-famille, deux membres, Charles et Henri Sainte-Claire Deville. La vocation pour la Géologie se manifesta vite chez lui, et il a fait une brillante carrière dans les Universités de Lille, de Strasbourg et de Paris; il occupait à la Sorbonne la chaire de pétrographie qu'avait illustrée Albert Michel-Lévy.

D'une haute distinction de manières, d'une grande intelligence, aimé de ses élèves (dont plusieurs enseignent aujourd'hui dans nos Facultés), Jacques de Lapparent laisse des travaux importants sur les porphyroïdes des massifs hercyniens d'Europe, sur les roches sédimentaires, sur les phénomènes d'altération de surface qui aboutissent, suivant les éléments, à des produits tels que les bauxites, ou aux diverses catégories d'argiles.

Cet ensemble de recherches est capital, et d'une éminente portée pratique. La mort prématurée de Jacques de Lapparent est une grande perte pour la Science et pour notre Compagnie.

La Section de Minéralogie déplore également la disparition de **Maurice Leriche** (2), dont la carrière a été partagée entre Lille et Bruxelles, — la grande Université belge ayant pu, grâce à un heureux accord entre Ministres alliés, s'assurer le concours de Maurice Leriche comme professeur de Géologie. Ses

---

(1) Notice par Charles Jacob, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1933.
(2) Notice par Charles Jacob, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1121.

travaux se rassemblent autour de quelques sujets majeurs de la Paléontologie générale, et de la Géologie régionale.

En Paléontologie, il s'était spécialisé dans l'étude des poissons. Ses travaux sur les poissons tertiaires du Nord de la France, et de la Belgique, sur les squales, sur les poissons fossiles du Congo belge, sont parmi les plus marquants.

En Géologie, son bagage est considérable, concernant surtout la région du Congo belge, et du Nord de la France, qu'il aimait tant à parcourir. Professeur dans l'âme, il avait résumé son enseignement de Bruxelles dans des Éléments de géologie dont plusieurs éditions successives n'ont pas épuisé le légitime succès.

Le 30 octobre dernier, a disparu **Pierre-Ernest Pinoy** (¹), Correspondant pour la Section de Botanique. Fort versé dans les sciences physiques, chimiques et biologiques, pratiquant à fond l'anatomie humaine, la bactériologie et la cryptogamie, il a spécialement approfondi tout ce qui se rattache aux associations bactériennes chez les Myxomycètes et chez les Myxobactéries. Il s'agit d'un groupe de plantes, classées parmi les Champignons, qui réalisent une extrême variété de formes, de couleurs, de modes de croissance, de parasitisme, de propagation. Les Myxomycètes constituent un matériel de choix pour l'étude de la chimie et de la physiologie cellulaires. Le parti qu'en a tiré Ernest Pinoy lui a valu une notoriété mondiale. Pinoy restera dans la Science comme un des précurseurs des nouvelles théories biologiques

Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov (²) est décédé à Moscou le 30 avril dernier; il était Correspondant pour la Section d'Économie Rurale. Ce savant chimiste devait beaucoup à l'École française, ayant étudié longtemps à l'Institut Pasteur. Il demeurera comme une figure dominante dans la Chimie agricole; il poursuivait à l'Institut Timiriazeff, de Moscou, des études qui le classaient parmi les plus grands agronomes contemporains. Nous rappellerons ses Ouvrages remarqués sur la germination, sur la synthèse des composés amidés aux dépens de l'ammoniaque absorbée par les racines, sur la nutrition phosphatée. Ces travaux sont devenus classiques, et ont exercé une influence considérable sur le développement de l'industrie des engrais.

Louis Léger (³) Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, est décédé à Grenoble le 6 juillet dernier. Avec lui disparaît l'un des meilleurs

(¹) Notice par Louis Blaringhem, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 325.
(²) Notice par Albert Demolon, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 166.
(³) Notice par Maurice Caullery, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 101.

zoologistes de sa génération; son activité a été principalement tournée vers la Protistologie et la Pisciculture. Sa carrière, qui se déroula entre les Universités de Marseille et de Grenoble, débute par une étude sur les Grégarines, qui révèle un observateur de haute classe; il élucide le cycle évolutif d'un grand nombre de types parasites de groupes importants; avec Octave Duboscq, il découvre le cycle à deux hôtes de certains crustacés ou mollusques, — une des plus brillantes découvertes obtenues dans l'étude des Sporozoaires. On lui doit de beaux travaux sur les Flagellés parasites des Insectes piqueurs, sur les infusoires parasites des Batraciens et des Poissons. Beaucoup de ses recherches se rattachent à la Pisciculture; elles l'avaient amené à créer, à Grenoble, un laboratoire très actif, où se sont formés de nombreux travailleurs français et étrangers.

Louis Léger laissera le souvenir d'un savant qui a hautement honoré la Zoologie française.

Le 7 octobre dernier a disparu, à Oslo, **Johan Hjort** (1), également Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie. Après de fortes études médicales, attiré par la biologie, Johan Hjort se trouva très rapidement amené à approfondir les problèmes de biologie marine que posait l'exploitation des eaux norvégiennes. Il a étudié les relations entre les animaux marins, et les conditions de milieu auxquelles ils sont assujettis, — en vue de substituer, à l'empirisme qui présidait à l'exploitation des pêcheries, des bases scientifiques.

Ses premières recherches portèrent sur la Morue et les autres Gades de l'Atlantique Nord. C'est à lui que l'on doit la difficile démonstration du retour périodique des poissons reproducteurs sur les aires de ponte (après des voyages de plusieurs milliers de kilomètres). Si ces migrations génétiques sont devenues aujourd'hui des notions familières, c'est à Johan Hjort que nous le devons en grande partie. Ai-je besoin de marquer combien ces renseignements sont précieux pour les industries de pêche.

L'étude de bancs formés par les Morues, ou les Harengs, non seulement a conduit Hjort à des résultats pratiques dont profite l'alimentation générale, mais aussi à des conclusions expérimentales qui peuvent s'étendre même aux populations humaines. C'est l'origine d'un travail « Essai sur les Populations », qui reprenait le titre du célèbre ouvrage de Malthus. La nature philosophique du caractère de l'auteur s'est fait jour également dans un livre « La Crise de la Vérité », fécond en vues profondes et humaines. Rappelons encore de belles recherches sur les Cétacés, et, à une autre extrémité de l'échelle des êtres, sur les Crevettes. L'exploration des mers n'avait plus de secret pour le savant professeur de l'Université d'Oslo.

---

(1) Notice par Louis Fage, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 741.

Après avoir salué la mémoire de ces disparus, dont la vie et les travaux ont déjà été rappelés en des Notices que nos Comptes rendus ont enregistrées en leur temps, nous ne pouvons omettre de signaler, parmi les événements qui en 1948 ont touché l'Académie, la manifestation si complète et émouvante qui, avec le précieux concours des Pouvoirs publics, nous a permis, il y a peu de jours, de conduire au Panthéon deux de nos plus glorieux anciens, **Paul Langevin** et **Jean Perrin**; ils comptaient parmi

« Ces Mortels pour lesquels la Mort n'est plus funeste,
« Tellement l'Univers s'est plongé dans leurs yeux ».

A tous ces savants, dont plusieurs sont parmi les plus grands, va notre pensée fervente. Il ne nous suffira pas de les savoir ensevelis dans le linceul de pourpre où Renan voulait laisser dormir les dieux morts; mais nous pensons aussi que l'avenir sera meilleur par la force et la vertu de leur exemple; cet exemple fructifiera par l'effort de la jeunesse qui monte, car c'est ainsi que se perpétue la course du flambeau; et, s'agissant de nos morts, c'est ainsi

« Qu'ils renaîtront d'un gouffre interdit à nos sondes,
« Comme montent au ciel les soleils rajeunis
« Après s'être lavés au sein des mers profondes ».

C'est à ces jeunes que revient la charge de faire fructifier un patrimoine le plus beau qui soit, puisque c'est le nôtre. Ces jeunes sont aujourd'hui troublés de vivre dans un temps dont l'équilibre n'est pas le caractère le plus net. Cependant, beaucoup d'entre ces nouveaux chercheurs vont apporter au monde, — ont déjà commencé de lui découvrir, — des trésors encore cachés. La dureté des temps n'y portera point obstacle; d'ailleurs l'inquiétude et l'insécurité sont peut-être l'accompagnement inévitable de la vraie grandeur.

Au reste, deux sentiments se combinent pour inciter les jeunes gens à suivre avec foi la trace des aînés tels que ceux dont nous avons rappelé, il y a quelques instants, les leçons. C'est d'abord la valeur essentielle des efforts à réaliser, c'est ensuite leur propre intérêt intrinsèque, qui donne à l'existence un sens si aigu.

Saint-Simon, l'élève de d'Alembert, écrivait au début du siècle dernier, dans sa célèbre parabole « des abeilles et des frelons » :

« Si la France perdait subitement ses 3000 meilleurs savants, mathématiciens, physiciens, chimistes, naturalistes, ingénieurs, elle deviendrait un corps sans âme dès l'instant où elle les perdrait. Par contre, admettons que la France conserve tous les hommes de génie qu'elle possède dans les Sciences, dans les Arts et Métiers, mais qu'elle ait le malheur de perdre, le même jour, les 10000 personnes les plus riches parmi celles qui vivent noblement; cet accident affligerait certainement les Français, parce qu'ils sont compatissants,

mais cette perte de 10000 individus, réputés des plus importants dans l'État, ne leur causerait de chagrin que sous le rapport purement sentimental, car il n'en résulterait aucun mal sérieux pour le pays... »

Il y a donc longtemps que l'accord est fait sur la puissance qu'il faut donner à la recherche. Que par ailleurs l'existence soit devenue difficile pour le chercheur, cela est aujourd'hui un truisme. A ce propos, Paul Valéry reprenant une idée qui fut chère jadis au Chancelier Bacon, souhaitait naguère la création de « parcs » ou de « réserves », dans lesquels l'État abriterait et conserverait les maîtres de la pensée et de la recherche, pour les soustraire aux vicissitudes de la vie moderne : c'est ainsi que le « meilleur des mondes », comme l'a écrit Huxley avec sa féroce ironie, tenterait de sauvegarder ce qu'il a de plus précieux. Peut-être l'organisation actuelle de la Recherche, dont Jean Perrin fut l'un des plus efficaces instigateurs, fournit-elle un premier pas, décisif, vers l'accomplissement de ce souhait.

Cet accomplissement est d'ailleurs puissamment aidé par l'extraordinaire attrait que présentent, aujourd'hui encore, aujourd'hui surtout, les existences vouées à l'invention scientifique. Il semble que, dans cette voie, pourvu qu'on y soit porté par une vocation assurée, et servi par des moyens adéquats, on trouve la plus belle expérience humaine, le plus passionnant enrichissement intellectuel, celui dont on ne se lasse pas, puisque, comme l'écrivait Alfred de Vigny, « une grande vie est un rêve de jeunesse réalisé dans l'âge mûr ». Envions les jeunes que le destin a marqués pour devenir les Christophe Colomb du monde scientifique futur.

Ce n'est pas que la tâche leur sera facile. Par les temps qui viennent, chacun de nos pas nous fait pénétrer de plus en plus profondément dans l'intérieur étrange et embrouillé de chaque chose,

« Le savant, désormais, désintégrant l'atome
« Libère le Soleil qui s'y trouvait caché » ;

les complexités connues dépassent déjà de beaucoup les tours et détours du labyrinthe de Crête; mais nous ne sommes pas au bout du fil d'Ariane. Espérons qu'aucun Minotaure ne nous attendra au bout de ce fil!

N'importe! Les esprits des savants ont besoin d'être fécondés par les obstacles que la destinée prodigue sous les pas de ses élus. Les jeunes auxquels je pense en retireront un sens profond de la vie, qui leur sera sans doute un grand bénéfice; ils ne feront que se confirmer dans une haute conception de la hiérarchie des valeurs; le goût de comprendre les aura préservés de certains appétits; ils savent que leur beau travail leur réserve, à côté de quelques déceptions, en dépit de certaines amertumes, les joies les plus nobles et les plus

pures. Il savent que, même aux heures troubles, leur part restera la plus enviable.

La prescience et l'invincible fidélité que cependant réclame une telle existence, suffisent à expliquer tout à la fois la beauté et la rareté des grandes vies. A l'époque incertaine qui est la nôtre, traversée de courants contraires, troublée par de profonds remous idéologiques, il n'est pas de tâche plus nécessaire que d'assurer de nouveau à notre monde un rythme régulier. Pour ceux qui ont la passion de ce qui doit être sauvé, existe-t-il vraiment une plus haute mission ?

Je donne la parole à M. L. de Broglie, Secrétaire perpétuel, pour la lecture des prix et subventions.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1948.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX PONCELET (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Valiron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. E. Borel.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Dubreil**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'algèbre et d'analyse. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Julien Kravtchenko**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux d'analyse et de physique mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MECANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Platrier**, professeur à l'École polytechnique, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX FOURNEYRON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Adrien Mondiez**, ingénieur en chef des Manufactures de l'Etat, directeur de la Manufacture des tabacs de Lyon, pour son *Cours de physique industrielle*. *Rapporteur :* M. J. Pérès.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Pomey**, directeur des laboratoires de la régie Renault, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

PRIX LALANDE (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maxime Nicolini**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses observations astronomiques et travaux théoriques de mécanique céleste. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Lévy**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux de mécanique céleste. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN. — La pension annuelle de 6.000fr, pour les années 1948 à 1952 est attribuée à M. **Henry Berthomieu**, astronome à l'Observatoire de Toulouse, pour ses travaux d'astronomie stellaire. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, E. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX GAY (3.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **André Guilcher**, professeur à l'Université de Nancy, pour ses travaux sur la morphologie des sols de la Bretagne. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

FONDATION TCHIHATCHEF (5.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Étienne de Vaumas**, diplômé d'études supérieures de géographie de l'Université de Paris, pour ses travaux sur la géographie physique du Liban. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

PRIX BINOUX (8.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Lucien Petitjean**, physicien adjoint à l'Institut de météorologie et de physique du Globe d'Alger, pour ses travaux de climatologie. *Rapporteur :* M. D. COT.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, E. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX PLUMEY. — Deux prix de 10.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Ernest Mercier**, ancien ingénieur en chef du Génie maritime, pour ses travaux sur le cycle équipression. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON;

— à M. **Jean Dieudonné**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour ses travaux sur les bâtiments rapides et la cavitation des hélices. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud.

PRIX L. LA CAZE (12.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **René Lucas**, directeur de l'École de physique et de chimie de la Ville de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de physique. *Rapporteur :* M. A. COTTON.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Albert Iliovici**, ingénieur, professeur à l'École des Travaux publics, pour ses travaux sur les mesures électriques. *Rapporteur :* M. C. GUTTON.

PRIX HUGHES (5.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Edouard Belin**, ingénieur, vice-président de la Société française de photographie, pour ses travaux sur la transmission des images à distance. *Rapporteur :* M. M. DE BROGLIE.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (30.000^{fr}). — Le prix est décerné à MM. **Alfred Kastler**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, et **Auguste Rousset**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour leurs travaux sur l'effet Raman dans les cristaux. *Rapporteur :* M. J. CABANNES.

FONDATION DANTON (3.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Serge Gorodetzky**, professeur à l'Université de Strasbourg, pour ses travaux sur la physique corpusculaire et les rayons cosmiques. *Rapporteur :* M. M. DE BROGLIE.

FONDATION GÉNÉRAL FERRIÉ (6.000^{fr}). — Un prix est décerné au R. P. **Jean Abelé**, professeur à l'École des Hautes études de Vals, près Le Puy, pour ses travaux sur les oscillations. *Rapporteur :* M. C. GUTTON.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Eugène Cattelain**, docteur ès sciences physiques, assistant à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux de chimie et d'inspection des Établissements classés du Département de la Seine. *Rapporteur :* M. M. DELÉPINE.

PRIX JECKER. — Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à M. **Marcel Prettre**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses travaux sur la catalyse organique et la combustion. *Rapporteur :* M. P. PASCAL;

— à M. **Léon Velluz**, docteur ès sciences physiques, pour l'ensemble de ses travaux de synthèse organique. *Rapporteur :* M. CH. DUFRAISSE.

PRIX L. LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Félix Trombe**, maître de recherches, directeur de laboratoire au Centre national de la recherche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale. *Rapporteur :* M. P. PASCAL.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (50.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Maurice Ramart**, née **Pauline Lucas**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. G. BERTRAND.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Arakel Tchakirian**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le germanium. *Rapporteur :* M. P. PASCAL.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

PRIX CUVIER (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Goguel**, professeur à l'École nationale supérieure des mines, pour ses travaux géologiques et théoriques sur les dislocations de l'écorce terrestre. *Rapporteur :* M. F. GRANDJEAN.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Marguerite Richard**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les Mammifères du Bassin d'Aquitaine. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à feu **Maurice Jean**, professeur au Lycée Saint-Denis-de-La-Réunion, pour ses études sur les volcans de cette île. *Rapporteur :* M. A. MICHEL-LÉVY.

FONDATION LUCIEN CAYEUX (12.000fr). — Un prix est décerné à MM. **André de Cayeux de Sénarpont**, dit **Cailleux**, professeur agrégé au Lycée de Saint-Maur, et **Gabriel Lucas**, assistant au laboratoire de géologie de la Sorbonne, pour leurs travaux de lithologie sédimentaire sur le terrain ou au laboratoire. *Rapporteur :* M. A. MICHEL-LÉVY.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, E. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

PRIX LÉON GRELAUD (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Bureau**, directeur du Laboratoire national de Radioélectricité, pour ses travaux de physique atmosphérique. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, E. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

PRIX DESMAZIÈRES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **André-Romain Prévot**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur les bactéries anaérobies. *Rapporteur :* M. R. Combes.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Étienne Le Gal**, née **Marcelle Choquart**, chargée de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux sur les Discomycètes et sur l'ornement sporal des Champignons. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX DE COINCY (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Roger Meslin**, assistant à la Faculté des sciences de Caen, pour l'ensemble de ses travaux de systématique végétale. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Madeleine Fourcroy**, assistante à la Sorbonne, pour ses recherches sur l'influence de divers traumatismes sur la structure des organes végétaux à évolution vasculaire complète. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon.

PRIX ENZYMOLOGIA (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Lemoigne**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux de biochimie microbienne. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX DES ENGRAIS PHOSPHATÉS (50.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Barbier**, directeur de recherches à la Station centrale d'agronomie, pour ses travaux sur la valeur fertilisante des engrais phosphatés après leur fixation dans le sol. *Rapporteur :* M. A. Demolon.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

FONDATION SAVIGNY (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Henri Heldt**, directeur de la Station océanographique de Salammbô, pour ses travaux sur la biologie des Poissons du nord de l'Afrique. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX POUCHARD (6.000fr). — Le prix est décerné à feu l'abbé **Maurice Favrelle**, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille, pour l'ensemble de ses travaux de biologie. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

PRIX MONTYON. — Trois prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Edmond Blaessinger**, bibliothécaire de l'École polytechnique, pour ses ouvrages intitulés : *Quelques grandes figures de la chirurgie et de la médecine militaire*, et *Quelques grandes figures de la pharmacie militaire*. *Rapporteur :* M. H. Vincent ;

— à M. **Marcel Dubuisson**, professeur à la Faculté des sciences de Liège, pour ses travaux relatifs aux protéines musculaires et leurs modifications au cours de la fatigue. *Rapporteur :* M. L. Lapicque ;

— à M. **Daniel Routier**, ancien interne des hôpitaux, pour son ouvrage intitulé : *Le fond d'œil des hypertendus et des cyanosés*. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

PRIX BARBIER (5.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Eugène Olivier**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, et **André Dufour**, chirurgien des hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Traité d'ostéologie humaine*. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000fr est décerné à feu **Camille Desportes**, chef de travaux à l'Institut de parasitologie, pour ses recherches sur la Bilharziose. *Rapporteur :* M. H. VNCENT.

PRIX GODARD (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Roger Couvelaire**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Pathologie de l'appareil urinaire et de l'appareil génital masculin. Pathologie de l'appareil génital féminin*. *Rapporteur :* M. R. LERICHE.

PRIX MÈGE. — Un prix de 3.000fr est décerné à M. **Marino Vagliano**, professeur agrégé des Facultés de médecine de Paris et d'Athènes, pour son ouvrage intitulé : *La gelure*. *Rapporteur :* M. R. LERICHE.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à M. **Mejer Burstein**, attaché de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses études sur la physiologie des muscles. *Rapporteur :* M. L. LAPICQUE;

— à M. **Louis Gougerot**, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *De l'absence de pouvoir moussant de l'hémoglobine*. *Rapporteur :* M. L. LAPICQUE.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry.

PRIX BARIOT-FAYNOT (8.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Henri Warembourg**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lille, et **Pierre Graux**, médecin des hôpitaux de Lille, pour leur ouvrage intitulé : *Pathologie des zones pulmonaires*. *Rapporteur :* M. L. BINET.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (20.000fr). — Un prix est décerné à MM. **Jacques Caroli**, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, et **Marcel Bessis**, directeur du Laboratoire de recherches du Centre national de transfusion sanguine, pour leur travaux sur la maladie hémolytique du nouveau-né. *Rapporteur :* M. CH. LAUBRY.

PRIX LOUISE DARRACQ. — Un prix de 6.000fr est décerné à M. **René Truhaut**, chef du service de chimie à l'Institut du cancer de l'Université de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les facteurs chimiques de cancérisation*. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Cheymol**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur la résistance à l'hypoxémie chez les Mammifères selon l'âge. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX L. LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Fernand Caridroit**, docteur en médecine, pour l'ensemble de ses travaux d'endocrinologie et de génétique sur les Oiseaux. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX POURAT (4.400fr). — Le prix est décerné à M. **Augusto Pi Suñer**, directeur de l'Institut de médecine expérimentale de Caracas, pour son ouvrage intitulé : *Sistema neurovegetativo*. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (3.600fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Chailley-Bert**, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Sports. Éducation physique. Leurs réactions sur l'appareil circulatoire. Rapporteur :* M. L. Binet.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain. É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Malécot**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Théorie mathématique de l'hérédité mendélienne généralisée. Rapporteur :* M. É. Borel.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

PRIX BINOUX (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Bouligand**, correspondant de l'Institut de France, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de philosophie mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie, Ch. Jacob, H. Villat, L. de Broglie, R. Courrier.

PRIX HENRI DE PARVILLE. — Deux prix de 3.000fr sont décernés :

— à M. **Albert Kirrmann**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour son ouvrage intitulé : *Chimie organique. Rapporteur :* M. H. Villat ;

— à M. **Adrien-André Sanfourche**, ingénieur-chimiste conseil à la Compagnie de Saint-Gobain, pour son ouvrage intitulé : *Les engrais phosphatés. Rapporteur :* M. M. de Broglie.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE ARAGO. — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier, A. Chevalier.

La médaille est décernée à l'**Institut des Parcs nationaux du Congo belge**, organisateur de nombreuses missions au Congo belge pour l'étude et la conservation de la faune et de la flore de cette région. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

MÉDAILLE BERTHELOT. — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, A. Lacroix.
La médaille est décernée :

— à M. **Eugène Cattelain**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;
— à M. **Marcel Prettre**, lauréat du prix Jecker ;
— à M. **Félix Trombe**, lauréat du prix La Caze de chimie.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : **Grand prix des Sciences mathématiques** (15.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, É. Cartan, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Pérard.

Le prix est décerné à M. **Henri Milloux**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de ses travaux sur la théorie des fonctions analytiques. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX ALHUMBERT (3.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Pérez, P. Lebeau, A. Portevin, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Marc Foëx**, maître de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de chimie minérale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX BORDIN (8.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **André Thomas**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la survie expérimentale. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX VAILLANT (12.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Pierre Tardi**, professeur à l'École polytechnique, pour ses travaux de géodésie et de détermination des positions géographiques. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX PETIT D'ORMOY (**Sciences naturelles**) (50.000fr). — Commissaires : MM. R. Courrier, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, L. Binet, G. Ramon, R. Souèges.

Le prix est décerné à M. **Félix d'Hérelle**, ancien chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour sa découverte du bactériophage. *Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX ESTRADE-DELCROS (4.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, L. Blaringhem, Ch. Pérez, R. Souèges, P. Jolibois, R. Courrier, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Paul Laffitte**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de cinétique chimique. *Rapporteur :* M. P. Jolibois.

PRIX LE CONTE (100.000fr). — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier; A. Cotton, M. Caullery, G. Julia, J. Chazy, A. Chevalier, A. Denjoy, P. Fallot.

Le prix est décerné à M. **Emmanuel de Margerie**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux de géologie. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX PARKIN (9.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, Ch. Maurain, Ch. Jacob, B. Lyot, E. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

Le prix est décerné à M. **Pierre Molard**, directeur de l'Observatoire du Morne des Cadets, à La Martinique, pour ses travaux sur les relations entre les éruptions de la Montagne Pelée et les phénomènes atmosphériques. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

PRIX D'AUMALE. — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

Un prix de 5.000fr est décerné à Mme **Camille Flammarion**, née **Gabrielle Renaudot**, directrice de l'Observatoire de Juvisy, où elle continue l'œuvre astronomique de son mari, dont elle avait été la collaboratrice. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX SAINTOUR (5.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Jean Courtois**, maître de conférences à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux sur les diastases, en particulier sur les phosphatases et sur l'oxydation des composés organiques par l'acide periodique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX LONCHAMPT (6.500fr). — Commissaires : MM. E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Jean-Marie Le Goff**, docteur en médecine, pour ses travaux sur l'importance du cobalt dans la physiologie des animaux. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX HENRY WILDE (5.600fr). — Commissaires : MM. É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **André Étienne**, sous-directeur de laboratoire au Collège de France, pour ses travaux de chimie organique et plus particulièrement sur les molécules photooxydables. *Rapporteur* : M. M. Delépine.

PRIX CAMÉRÉ (6.000fr). — Commissaires : MM. J. Drach, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Chazy, É.-G. Barrillon, J. Pérès, A. Portevin, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Pierre Delattre**, directeur technique de la Compagnie nationale du Rhône, pour l'ensemble de ses travaux relatifs aux essais de déversoir et de barrages et spécialement leur application à l'exécution de l'usine de Génissiat. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO (100.000fr). — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier ; A. Cotton, M. Caullery, G. Julia, J. Chazy, A. Chevalier, A. Denjoy.

Le prix est décerné à M. **Jacques Hadamard**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX MARQUET (5.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **André Aubréville**, inspecteur général des Eaux et Forêts des Colonies, pour l'ensemble de ses travaux sur la végétation forestière de l'Afrique tropicale. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU. — Commissaires : MM. É. Borel, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon, L. de Broglie, G. Julia.

Un prix de 15.000fr est décerné à M. **Eugène Nageotte**, maître de conférences à l'École polytechnique, pour les perfectionnements qu'il a apportés à la construction de la chambre de Wilson. *Rapporteur :* M. G. Julia.

Un encouragement de 5.000fr est attribué à M. **Maurice Duplouy**, employé à la Société de construction d'appareillages, pour ses installations de radiophares et ses travaux de balisage des côtes. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (12.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Alfred Jost**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour son ouvrage intitulé : *Recherches sur la différenciation sexuelle de l'embryon de Lapin*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX MARIE GUIDO TRIOSSI (60.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Yves Rocard**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux théoriques et expérimentaux sur les vibrations dans les domaines mécanique et électromagnétique. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Le prix est décerné à M. **François Morin**, né à Orly, Seine, le 13 septembre 1925, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT. — Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1948, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

— M. **François Morin**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr;
— M. **Henri Deny**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr;
— M. **Gilles Legrand**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr;
— M. **Jean-Paul Mérot**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION GEGNER (4.000fr). — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, G. Bertrand.

Un prix est décerné à M. **Georges Guigay**, astronome à l'Observatoire de Marseille, pour ses recherches sur la structure de l'essaim des Perséides. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

FONDATION JÉRÔME PONTI (5.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, P. Lebeau, P. Montel, J. Jolly, A. Portevin, R. Courrier.

Un prix est décerné à M. **Raoul Caussé**, directeur de laboratoire à l'École pratique des Hautes études, pour l'ensemble de ses travaux d'otologie expérimentale. *Rapporteur :* M. J. JOLLY.

FONDATION HIRN (3.600fr). — Mêmes Commissaires que pour la Fondation Gegner.

Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Raymond Daudel**, secrétaire général du Centre de chimie théorique de France, pour l'encourager à poursuivre ses travaux de chimie théorique et à développer le centre de chimie théorique de Paris. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

FONDATION CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET (6.300fr). — Mêmes Commissaires que pour la Fondation Gegner.

Un prix est décerné à M. **Pierre Tauzin**, directeur de la poudrerie nationale de Vonges, pour ses études sur les phénomènes de photophorèse et électrophorèse. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

FONDATION HENRY BECQUEREL (6.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la Fondation Gegner.

Un prix est décerné à feu **André Bloch**, ancien élève de l'École polytechnique, pour l'ensemble de ses travaux sur la théorie des fonctions. *Rapporteur* : M. H. VILLAT.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. H. Villat, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, M. de Broglie, G. Bertrand.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 20.000fr à M. **Raoul Lecoq**, pharmacien-chef et directeur du Laboratoire de l'hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour la poursuite de ses recherches sur les déséquilibres alimentaires et les avitaminoses ;

— 10.000fr à M. **Jean Piveteau**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour achever l'étude et la fouille de la grotte de la Chaise, dans la vallée de la Tardoire (Charente);

— 20.000fr à M. **Jean Verne**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur la modalité de l'action de l'alloxane sur les îlots de Langerhans et l'histophysiologie des phosphatases intestinales.

— 50.000fr à M. **Léon Bertin**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication de deux catalogues de collections de Poissons et Batraciens ;

— 20.000fr au **Bureau des Longitudes**, pour les calculs que ce Bureau doit exécuter en vue de sa participation à la publication internationale annuelle de *Apparent places of fundamental Stars;*

— 21.000fr à M. **Jean Marche**, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour la publication de sa thèse intitulée : *Sur les avitaminoses;*

— 25.000fr à M. **Albert Métral**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour la traduction des travaux de MM. Nicolas Kryloff et Nicolas Bogoliouboff, sur la Mécanique non linéaire.

— 24.000fr à la Bibliothèque de l'**École polytechnique**;

— 10.000fr à la Bibliothèque de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale.** *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Commissaires : MM. H. Villat, Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

Un prix de 6.000fr est décerné à M. **Jean Bernier**, ingénieur à la Compagnie générale de Télégraphie sans Fil, pour ses travaux sur la production des ondes électromagnétiques très courtes. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

Un prix de 4.000fr est décerné à M. **Jean Favre-Gilly**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *Les états hémorragiques et la notion de fibrinopénie*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION MILLET-RONSSIN (10.000fr). — Commissaires : MM. Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, R. Souèges, Ch. Pérez, É. Roubaud, R. Courrier.

Un prix est décerné à M. **Philippe L'Héritier**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de génétique. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION CHARLES FRÉMONT (3.800fr). — Mêmes Commissaires que pour la Fondation Mme Victor Noury.

Un prix est décerné à M. **Sébastien Iglésis**, ingénieur des arts et métiers, pour ses contributions au développement des applications de l'électricité à l'automobile et à l'aviation. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Mêmes Commissaires que pour la Fondation Mme Victor Noury.

Un prix de 12.000fr est décerné à M. **Auguste Kern**, élève à l'Institut de physique du Globe de la Faculté des sciences de Paris. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

LECTURE.

M. Robert Courrier, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur la vie et l'œuvre de Alfred Lacroix, membre de la section de minéralogie, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.*

L. B., R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 DÉCEMBRE 1948.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite des difficultés de chauffage, la séance du lundi 27 décembre sera supprimée ; la prochaine séance aura donc lieu le lundi 3 janvier.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Stabilité des mutations accidentelles.* Note de M. **Louis Blaringhem.**

M. Auguste Chevalier a signalé récemment (¹) des cas d'extinction de mutations dans ses cultures, l'une d'apparition récente *Cymbalaria Toutoni*, l'autre très ancienne décrite par l'apothicaire Sprenger en 1590 d'après la plante de son jardin, mais certainement antérieure à cette date.

Les attributs nouveaux du *Cymbalaria* sont strictement végétatifs dans la diagnose *fleurs et fruits sans variation apparente* (²). L'hérédité en a été constatée au Muséum par l'habile chef de culture M. Guinet et la forme nouvelle est très féconde et se resème d'elle-même. Marin Molliard l'aurait obtenue expérimentalement d'une *Cymbalaria muralis* typique, la plus fréquente en France et répandue dans le monde avec un polymorphisme foliaire assez accusé ; le traitement des graines par la colchicine lui aurait donné une forme *Toutoni*. Celle-ci a comme particularité saillante, une floraison précoce et une grande fécondité. C'est la fixation assez fréquente d'un état infantile souvent bien fixé. J'en étudie des manifestations dans les croisements de Seigle vivace, avec le Seigle commun de Schlaustedt ; je les ai signalées pour des croisements de Lins, et plus récemment de Ricins et le Maïs commun à vie limitée à 6 mois dérive d'un *Euchlæna mexicana*, graminée pérenne sinon vivace. La naissance accidentelle ou provoquée d'une mutation de cette importance mérite un examen sérieux. Les découvertes de notre associé des Etats-Unis, M. A.-F. Blakeslee, sur les mutations dirigées par l'analyse des charpentes nucléaires chez *Datura Stramonium* L. dont je cultive les lignées à la station Berthelot ; celles qui sont relatives à l'origine

---

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1126.
(²) *Bull. Soc. bot. de France*, **83**, 1936, p. 650.

des Froments, en particulier la Note actuelle de M. M. Simonet sur la descendance de l'hybride d'*Ægilops* avec un *Triticum durum* en soulignent l'intérêt pratique immédiat, et je suis avec curiosité les travaux d'un sélectionneur de Froments qui espère créer un bi-blé, donnant deux récoltes de graines par an.

L'important est de savoir que les mutations actuelles, ou de naissance récente, sont fragiles, et disparaissent sans les soins assidus d'un éleveur qualifié, dans notre cas, d'un jardinier spécialisé.

Le cas présenté par *Chelidonium laciniatum* est bien différent. Il s'agit de savoir s'il faut considérer cette forme bien stable, dans certaines conditions et dans les Jardins de Kew en particulier, comme un type spécifique, opinion soutenue dans une copieuse Monographie de E. Roze (1895); mais ce n'est pas l'avis de G. Rouy (1897) qui la donne comme une variété, et cela non après des épreuves prolongées de culture ni après des croisements méthodiques; « l'observation dans la nature et l'étude dans les herbiers constituent (selon lui) les meilleurs moyens d'élucider une question de valeur spécifique » ([3]). Et il cite le type spécifique *C. majus* L. et la suite des échantillons secs : *a.* var. *crenatum* (= *querciifolium* Thuill.) de Lange rencontré un peu partout en France, au Danemark, au Japon; *b.* var. *grandiflorum* de Daourie de De Candolle; *c.* var. *laciniatum* Miller, maintenu par Grenier et Godron dans la Flore de France, récolté aussi en Allemagne, sa patrie accidentelle sans doute; *d.* en France aussi, var. *fumariifolium* Rouy et Foucaud, décrit et figuré par Rouy dans *Illustrationes plantarum Europæ rariorum* (fasc. III). La variété *grandiflorum* est exceptionnelle mais se rapproche d'une variété ou espèce japonaise *crenatum.* Sur les murs d'Autun, certains individus ont des feuilles très découpées tendant à la var. *fumariifolium* et *sur les mêmes rameaux* des feuilles du type spécifique *C. majus*, d'où la position nette prise par C. Rouy.

Dès 1908, je cultivai à la Station Berthelot un *laciniatum* provenant de la liste des échanges du Muséum; préparé à l'examen des petites espèces par d'autres travaux, je multipliai la variété *laciniatum* Miller par les graines récoltées sur un seul individu, renouvelant le porte-graine de 3 ans en 3 ans. En réalité, la culture tentée sur les vieux murs de la Station n'a pas été possible, chaque année de nouvelles plantules ou même des plantes vigoureuses de *Ch. Majus* apparaissaient çà et là; les composts des bacs utilisés par M. Berthelot puis A. Müntz se prêtaient à l'isolement et j'ai toujours pris les graines sur les individus à pétales laciniés, ce qui a une grande importance; je n'ai pas obtenu, malgré le soin que j'y mis, ces bulbilles qui se développent sur les feuilles de *Ch. Majus* d'après de nombreux auteurs allemands (A. Braun, Caspary, Regel, Sorauer) et notés dans l'Est de la France par Godron (1878); je n'ai pas obtenu le *Ch. fumariæfolium* DC. du type

([3]) *Bull. Soc. bot. de France*, 44, p. 432-433.

singulier cité par D. Clos, observé dans le Tarn, à fleurs très petites d'aspect avorté à siliques très petites toujours dépourvues de graines. Lorsqu'en 1920 je repris les cultures, j'espérais posséder une lignée épurée *laciniatum* qui fut utilisée jusqu'en 1939 pour des croisements avec une espèce chinoise bien distincte cette fois, toujours annuelle dans mes cultures, *Chelidonium Franchetti* à très grandes fleurs et feuillage glauque caractéristique. Mes croisements, de même que ceux tentés avec *Stylophorum japonicum*, Chélidoine vivace fleurs jaunes à 4 pétales, souvent solitaires, mais à stigmates portés sur un style effilé, et à feuillage très découpé, du type *Ch. fumariæfolium*. Cette plante, vivace comme *Ch. majus* et ses variétés, me paraît propre à des combinaisons hybrides toujours très difficiles ou décevantes dans les croisements entre espèces affines, l'une vivace, l'autre annuelle. Et cela aussi sans succès.

De ces essais prolongés je prends la conclusion de E. Roze (4); il s'agit d'une espèce jordanienne stable dans certaines conditions d'isolement et d'élevage.

Mais qu'est-ce que le genre *Chelidonium*, dont l'espèce *majus* se répand depuis des siècles un peu partout dans le monde? C'est une plante cultivée et sélectionnée et répandue par les apothicaires, et je soupçonne qu'elle a une origine asiatique comme la bonne espèce *Ch. Franchetti* qui, chez moi, reste annuelle et réapparaît chaque année à Bellevue et à Angers alors que *laciniatum* a disparu.

Chelidonium est le prototype d'une tribu de Papaveracées limitée à un très petit nombre de genres, caractérisée par des fruits à deux valves élastiques provenant de deux carpelles sans cloison séparatrice, à deux bandes ovulaires. Son latex vénéneux en fait depuis des siècles l'*herbe aux verrues* et passe pour calmer les maux de dents. *Glaucium flavum* de Crantz, nommé *Chelidonium Glaucium* par Linné, est le plus voisin, bien plus vigoureux dans toutes ses parties et fixant le sable des dunes de la Baltique et de l'Atlantique, assez souple toutefois pour être utilisé comme plante d'ornement annuelle avec sa variété à fleurs rouge fauve. Les stigmates sont sessiles et portés sur le style effilé dans le genre *Stylophorum*, tous genres à latex jaune ayant sans doute les mêmes propriétés.

On cultive aussi sans trop de difficultés *Sanguinaria canadensis* L. à grandes fleurs blanches, 8 à 12 pétales transparents répartis en deux étages, fleur semi-double par conséquent, plante basse qu'on élève de semis mais surtout de stolons souterrains, charnus. Les indiens Peaux-Rouges en retiraient un latex, pigment rouge très recherché pour leurs étoffes et on l'a utilisé, après la découverte du Canada, pour combattre l'hémoptysie.

Comme le *Datura Stramonium* qui a orienté Charles Naudin dans sa théorie de l'hérédité en mosaïque, qui est le matériel d'étude de M. A.-F. Blakeslee à réalisations calculées par les architectures chromosomiques, comme le

---

(4) *Journal de Botanique*, 9, 1895, p. 296-301 et 338.

Drosophyle de Morgan qui est une Mouche élevée en tubes comme les vaccins des pastoriens, *Chelidonium majus* et ses dérivés fourniront je l'espère aux généticistes de l'avenir l'occasion de découvertes par son aptitude à muter. C'est l'uranium, le radium des botanistes, lignées qu'on sait épurer. *Cymbalaria Toutoni* appartient à la même catégorie de matériaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la turbidité aseptique des sérums et sur un moyen de l'éviter* (1). Note de M. **Gabriel Bertrand**.

Lorsqu'au début de ce siècle je pris possession du beau laboratoire qui avait été mis généreusement à ma disposition à l'Institut Pasteur, mon attention fut attirée sur divers problèmes d'intérêt pratique dont le premier concernait la conservation des sérums thérapeutiques.

Ces sérums sont enfermés dans des ampoules de verre scellées à la lampe; ils sont limpides et l'on compte bien, qu'étant aseptiques, ils conserveront cet aspect jusqu'au moment de leur emploi. En présence de germes microbiens, au contraire, il se produirait, par pullulation, un trouble de plus en plus accentué qui mettrait le praticien en éveil et lui ferait rejeter l'ampoule. Or, en pratique, les choses ne se passaient pas alors aussi simplement. Même en l'absence totale de germes, et tout en conservant encore longtemps leur activité, les ampoules de sérum se troublaient peu à peu et finissaient, après quelques mois ou davantage, par laisser déposer un petit précipité blanchâtre. Ce trouble aseptique n'avait pas tout à fait l'aspect de ceux qui étaient dus à un développement microbien, mais un médecin qui avait entre les mains une telle ampoule de sérum, ne pouvant pas toujours reconnaître la nature du trouble qu'il observait, peut-être même pour la première fois, se refusait à en faire usage et la renvoyait au laboratoire d'où elle provenait. On la lui échangeait contre une ampoule plus récente, mais il y avait dans cette circonstance une cause d'inconvénients faciles à concevoir.

Le Docteur Émile Roux m'ayant entretenu de cette singulière transformation et signalé l'importance qu'il y aurait, si cela était possible, à l'empêcher de se produire, ou tout au moins à en ralentir notablement l'évolution, j'entrepris d'en déterminer les causes pour arriver à en éviter les effets. La Note que je viens de présenter à l'Académie aux noms de M. J. Polonowski, de Mlle M. Faure et de M. M. Machebœuf (2), m'engage à publier les résultats de mon étude, non pas pour réclamer une priorité touchant la composition du précipité qui apparaît dans les sérums, mais parce que cela me fournit l'occasion de faire connaître le moyen que j'ai découvert pour l'empêcher de se produire.

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 11987, déposé le 10 juillet 1944, ouvert à la demande de l'auteur le 8 décembre 1948.

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1420.

J'ai opéré sur environ un demi-litre de sérum antidiphtérique âgé de 2 à 3 ans. Comme les auteurs de la Note précitée, j'ai extrait le précipité par centrifugation et par lavage avec une solution saline isotonique au sérum. Seulement je me suis servi d'une solution de chlorure de sodium, dite physiologique, sans addition de chlorure de calcium et l'on comprendra un peu plus loin l'intérêt de cette différence. La solution salée adhérente a été éliminée par un lavage léger et rapide à l'eau distillée, le précipité séché dans le vide sur l'acide sulfurique à la température ordinaire, pesé et analysé.

J'y ai trouvé, en accord avec les auteurs de la Note précitée, plusieurs substances parmi lesquelles dominaient un savon calcique et du phosphate de calcium. Le mélange d'acides gras solides que j'ai retiré du savon était cristallisé et se comportait comme un mélange d'acides palmitique et stéarique; mais la quantité dont je disposais était trop faible pour que j'aie pu pousser plus loin l'identification. Il y avait, en outre, de très petites proportions de substances que j'ai considérées comme des substances entraînées et dont l'une avait les caractères du cholestérol.

Comme des essais de chauffage, juste au-dessous de la température de coagulation des substances protéiques, avaient montré que le sérum se conservait d'autant plus longtemps limpide que la durée de ce chauffage, en une ou plusieurs fois, avait été plus longue, il m'a paru que la formation du trouble aseptique était due à l'action d'une diastase agissant, très probablement, sur de la lécithine. Me rappelant, en outre, le rôle du calcium dans les coagulations diastasiques du sang, du lait et de la pectine, dans cette dernière d'après mes propres recherches avec Mallèvre ([3]), j'ai fait la supposition qu'il s'agissait encore d'une transformation due à l'action combinée d'une diastase et d'un sel soluble de calcium, et j'ai essayé de l'empêcher ou d'en masquer les effets par une précipitation, au moment convenable et à la dose aussi exacte que possible, du calcium dissous par de l'oxalate de sodium.

L'expérience a justifié cette conception : en ajoutant, non au sang mais au sérum, un poids d'oxalate de sodium capable de précipiter la quantité totale du calcium dosé dans les cendres de ce sérum, laissant déposer un ou deux jours et décantant, on obtient un produit limpide, n'ayant pour ainsi dire rien perdu de son activité, et qui peut se conserver longtemps sans se troubler. Le résultat est encore plus complet si l'on ajoute au sérum, non plus le poids d'oxalate qui suffit à précipiter théoriquement le calcium, mais celui qui, par double décomposition, donnerait à la fois de l'oxalate de calcium et de l'oxalate de magnésium.

([3]) *Comptes rendus*, **119**, 1894, p. 1012; **120**, 1895, p. 110 et p. 172; **121**, 1895, p. 726, et *Bull. Soc. Chim. France*, **13**, 1895, p. 77 et p. 252; **15**, 1896, p. 31.

IMMUNOLOGIE. — *La découverte de l'anatoxine diphtérique, ses conséquences d'ordre théorique.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

Le 10 décembre 1923, dans une Note présentée en notre nom par M. Émile Roux ([1]), il était annoncé qu'une toxine diphtérique qui a perdu totalement sa nocivité, sous l'influence du formol et de la chaleur agissant simultanément dans des conditions bien déterminées, mais qui a conservé intégralement son aptitude à floculer en présence de sérum antidiphtérique, est capable de provoquer, chez l'animal d'expériences, l'apparition et le développement de l'immunité spécifique contre la toxi-infection diphtérique. Dans la même Note, il était stipulé que cette substance nouvelle, issue de la toxine, et à laquelle était donné le nom d'*anatoxine* ([2]), trouve son emploi dans l'immunisation et l'hyperimmunisation des animaux; de plus, grâce à son innocuité pour l'espèce humaine (que nous avions vérifiée en premier lieu sur nous-même) et au degré très élevé d'immunité qu'elle est susceptible de conférer, elle est tout à fait indiquée pour la vaccination antidiphtérique de l'enfant. De fait, les premiers essais effectués fin 1923 et au début de 1924, chez le Cheval d'une part, chez l'Enfant d'autre part, confirmaient entièrement l'innocuité et l'activité immunisante de l'anatoxine diphtérique ([3]).

La découverte de l'anatoxine devait se révéler féconde en conséquences de toutes sortes. En premier lieu, elle apportait avec elle des données nouvelles en Immunologie.

En effet, l'idée d'abord, la création ensuite, d'un dérivé de la toxine, doué d'une innocuité spécifique absolue et cependant capable de donner lieu, chez l'Homme comme chez l'animal, au développement d'une immunité solide et à l'élaboration en quantité relativement grande de l'antitoxine, allaient à l'encontre des opinions et des théories qui jusque-là avaient cours. Antérieurement à la mise en évidence de l'anatoxine, n'était-il pas très généralement admis que la production d'antitoxine exige l'injection aux animaux, d'une toxine *forte* comme l'on disait alors, c'est-à-dire d'une toxine riche en poison spécifique et l'activité immunisante d'une toxine n'était-elle pas couramment exprimée en fonction de son pouvoir toxique ? Ehrlich lui-même était d'avis que les toxines naturellement ou artificiellement *vieillies* privées en partie de leur toxicité,

---

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1338.

([2]) En grec *ana* indique un renversement et signifie aussi contraire, d'où *anatoxique* : qui n'est *plus* toxique après l'avoir été (anatoxique se différencie ainsi de *atoxique*, lequel désigne une substance qui n'est *pas* toxique). De même *anavirulent* qui n'est plus virulent. Le préfixe *ana* était donc, quoique certains en aient prétendu, particulièrement bien choisi pour désigner à la fois le sens et la signification que l'on désire attacher aux mots nouvellement formés.

([3]) G. Ramon, *Ann. Inst. Pasteur*, 38, 1924, p. 1; *id.*, 39, 1925, p. 1.

qu'il avait supposé contenir ([1]), ce qu'il appelait des *toxones*, des *toxoïdes*, etc., entraînent seulement chez les animaux auxquels on les injecte en plus ou moins grande quantité, un *fondement d'immunité*. Pour une production abondante d'antitoxine, il fallait, d'après l'École d'Ehrlich, injecter un poison non modifié. On prétendait, toujours d'après la théorie d'Ehrlich, que la genèse de l'antitoxine exige une excitation de l'organisme que seuls peuvent déclencher les groupements *toxophores* de la toxine. Il paraissait alors impossible et paradoxal à la fois qu'une toxine qui a perdu *tout* son pouvoir toxique puisse engendrer la formation d'antitoxine capable de neutraliser le poison spécifique. Il faut insister sur le fait que la toxine renfermant les hypothétiques *toxoïdes* d'Ehrlich et, que l'on n'était point parvenu à débarrasser entièrement de sa nocivité, sans en altérer profondément le pouvoir immunisant, n'avait pu, en conséquence, être utilisée pour la vaccination de l'espèce humaine, ainsi qu'en témoignent, par exemple, les échecs de Löwenstein avec son toxoïde diphtérique qu'il n'avait pu rendre inoffensif, avec son toxoïde tétanique qui ne possédait, même à grosses doses, aucun pouvoir immunisant pour l'Homme.

D'autre part, lors des premières tentatives de vaccination antidiphtérique effectuées à partir de 1913 par Behring en Allemagne et un peu plus tard par William Park aux États-Unis, à l'aide de mélanges de toxine et de sérum antidiphtérique, tentatives qui furent abandonnées dès la mise en évidence de l'anatoxine, il était également admis que pour faire preuve de qualités immunisantes, ces mélanges doivent renfermer une petite quantité de toxine libre. Aussi le procédé proposé par Behring consistait-il à pratiquer une série d'injections de mélanges de toxine et d'antitoxine diphtériques de plus en plus toxiques. Certains auteurs prétendaient même que c'est cet excès de toxine qui, en provoquant une intoxication spécifique légère, est responsable de l'immunité assez faible d'ailleurs qui peut s'établir dans ces conditions.

Dans les théories qui supposaient jadis la nécessité, pour l'installation de l'immunité antitoxique, d'une action toxique plus ou moins forte, on retrouve l'influence, dans une certaine mesure, de la doctrine pastorienne, suivant laquelle l'état réfractaire dû aux virus-vaccins s'acquiert au prix d'une atteinte bénigne de la maladie, provoquée par ces virus-vaccins constitués par des germes vivants, de virulence atténuée sans doute mais possédant encore un pouvoir pathogène plus ou moins élevé.

Contrairement à cette doctrine et en opposition avec les idées jusque-là répandues en France comme à l'étranger en matière d'immunisation antitoxique, *l'anatoxine privée de germes microbiens, dépourvue de toute toxicité spécifique, de tout pouvoir pathogène, se révélait néanmoins parfaitement capable* (bien que le

---

([1]) Pour les besoins d'une explication théorique très compliquée concernant la composition du poison diphtérique et le mode d'union de la toxine et de l'antitoxine, voir à ce propos THORWALD MADSEN, *Ann. Inst. Pasteur*, 13, 1899 p. 568 et 801.

phénomène de transformation de la toxine en anatoxine, soit irréversible *in vitro* comme *in vivo*), *de conférer une immunité solide et de déterminer une production abondante d'antitoxine sous la condition de posséder une valeur antigène intrinsèque suffisante, facilement appréciable par la méthode de floculation*, que nous avions fait connaître un an avant la découverte de l'anatoxine et qui d'ailleurs nous avait conduit directement à celle-ci ([5]).

L'anatoxine diphtérique et les autres anatoxines reposant sur le même principe différaient donc dans leur nature, dans leurs propriétés, dans leur mode d'action, des virus-vaccins de Jenner et de Pasteur. Elles représentaient somme toute, en 1923, la *réalisation* concrète de ces *substances chimiques, solubles, dosables*, privées de vie, incapables de se reproduire et de varier dans leurs qualités que Pasteur, trente-cinq années auparavant, appelait de tous ses vœux ([6]), que ses disciples recherchaient, pour les substituer aux virus-vaccins doués d'une virulence atténuée, mais sujette à des fluctuations pouvant altérer leurs propriétés et pouvant être à l'origine d'accidents de vaccination plus ou moins graves. Pasteur ne disait-il pas que la découverte de ces substances chimiques solubles, dosables, inoffensives et vaccinales constituerait *un progrès de premier ordre et donnerait à la microbiologie les plus fécondes applications thérapeutiques*. Ainsi devait-il en être de la découverte de l'anatoxine diphtérique et du principe des anatoxines. Le quart de siècle qui s'est écoulé depuis cette découverte en a apporté de nombreuses preuves que nous examinerons dans une prochaine Note.

MÉDECINE. — *Réflexions sur la valeur réelle des facteurs psychologiques en médecine préventive, à propos de la méthode Foley-Parrot pour la vaccination antituberculeuse outre-mer.* Note (*) de M. **Edmond Sergent.**

Dans les pays de haute et vieille civilisation, le vaccin B. C. G. est appelé à jouer un rôle préventif de premier ordre contre la tuberculose.

([5]) G. Ramon, *C. R. Soc. de Biol.*, **86**, 1922, p. 661, 711, 813, *Ibid.*, **88**, 1923, p. 2, *Ann., Institut Pasteur*, **37**, 1923, p. 1001.

([6]) L. Pasteur, *Comptes rendus*, **106**, 1888, p. 820. Deux disciples de Pasteur, E. Roux et Ch. Chamberland, avaient réussi, dès 1887 (*Ann. Inst. Pasteur*, **1**, 1887, p. 561) à immuniser des cobayes contre la septicémie (vibrion septique) avec un *vaccin chimique*; en l'espèce des cultures chauffées à 100 ou 110° ou filtrées sur bougie de porcelaine. Mais un tel *vaccin* était d'une innocuité toute relative et ne pouvait guère être employé dans la pratique, car il était susceptible de renfermer des produits toxiques (endo et exo-toxines). En effet Roux écrit lui-même en 1891 (*Ann. Inst. Pasteur*, **5**, 1891, p. 513) : « lorsque les cultures chauffées ou filtrées sont injectées à doses trop fortes, elles provoquent chez les animaux des symptômes tout à fait semblables à ceux que l'on observe dans la maladie ». Pour être absolument inoffensifs, pour être utilisables comme vaccins, il manquait à ces cultures encore nocives, à ces filtrats encore plus ou moins toxiques, d'être transformés en anatoxines, ce qui n'était réalisé, d'une façon indiscutable, que trente-cinq années plus tard, par la découverte des anatoxines.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

Dans les pays d'outre-mer à civilisation attardée, le vaccin B. C. G. rendra des services encore bien plus importants, car il y constitue, en l'état présent des choses, à peu près le seul moyen de préserver de la tuberculose. Bien des années passeront avant que des populations encore primitives aient atteint le niveau de vie des peuples européens, dont les progrès de tout ordre ont renforcé la résistance organique et les moyens matériels de défense contre les maladies infectieuses.

La contamination tuberculeuse frappant parfois l'enfant dès les premiers jours qui suivent la naissance, A. Calmette a conseillé de vacciner les nouveau-nés le plus tôt possible, dans les dix premiers jours après leur venue au monde.

Mais comme diverses circonstances peuvent empêcher la vaccination à la naissance, A. Calmette avait admis que l'on pourrait procéder à cette vaccination sur des enfants plus âgés. Il est alors indispensable, disait-il, de s'assurer au préalable que le sujet à vacciner est indemne de toute infection tuberculeuse, car nous savons combien les contaminations précoces sont nombreuses, surtout chez les enfants naissant en milieu contagieux. L'existence d'une infection tuberculeuse latente peut être décelée par la cuti-tuberculination. A. Calmette conseillait donc de ne vacciner, parmi les enfants qui ne l'auraient pas été au cours des dix premiers jours de leur vie, que des sujets en bon état de santé, et présentant deux cuti-réactions négatives à la tuberculine, à sept jours d'intervalle. Pourquoi A. Calmette a-t-il prescrit cette règle des cuti-tuberculinations préalables ? C'est pour une raison d'ordre purement psychologique. Si l'on vaccine par le B. C. G. un sujet qui est déjà infecté de tuberculose sans que le vaccinateur en soit prévenu par la cuti-tuberculination, il peut arriver qu'ultérieurement ce sujet succombe à l'infection naturelle. Il est à craindre qu'à ce moment, les personnes non averties, ignorant l'histoire pathologique du malade et le fait qu'il était déjà tuberculeux avant d'être vacciné, incriminent le vaccin et l'accusent d'avoir provoqué la mort.

Ainsi, les premières règles édictées par A. Calmette pour l'application de la vaccination par le B. C. G. comportaient deux cas :

— la vaccination dans les 10 jours qui suivent la naissance;

— la vaccination de sujets plus âgés, à condition que deux cuti-tuberculinations préalables eussent donné des résultats négatifs.

Dans les pays à population dense et pourvus de médecins et d'un personnel médical qualifié, les deux règles primitives de la vaccination par le B. C. G. peuvent être observées : les cuti-tuberculinations préalables permettront de réaliser une économie de vaccin, simplement. Il n'en va pas de même dans les pays d'outre-mer offrant le type des pays à *population dispersée*.

Prenons comme exemple l'Algérie. Les citadins, l'élite d'origine européenne ou indigène pourront être vaccinés comme en France. Mais la très grande

majorité des habitants de l'Afrique du Nord sont des ruraux disséminés (sauf en Kabylie) sur de grands espaces, où les déplacements sont difficiles faute de voies de communication, à cause aussi des longues distances et du caractère excessif du climat : brûlant en été, froid et très pluvieux en hiver. Aussi l'administration tolère-t-elle que, dans les steppes et les montagnes, le délai de trois jours imparti pour la déclaration des naissances à l'état-civil soit largement dépassé.

Depuis 1910, la répartition géographique de l'infection tuberculeuse en Algérie a été étudiée par l'Institut Pasteur d'Algérie sur 45 000 sujets, grâce à la cuti-réaction de Pirquet. Cette enquête a montré que la tuberculose était en voie d'extension en Algérie. En novembre 1924, l'Institut Pasteur d'Algérie commençait la préparation et la délivrance du B. C. G. que A. Calmette avait inaugurées trois mois auparavant à Paris. Dès 1928, H. Foley et L. Parrot, étudiant les moyens de faire bénéficier de la vaccination antituberculeuse par le B. C. G. les populations dispersées des campagnes algériennes, constatent que, dans l'immense majorité des cas, il est impossible, pour les raisons dites ci-dessus, de vacciner les enfants dans les dix premiers jours qui suivent la naissance. Ils reconnaissent ensuite qu'on devrait renoncer à la vaccination des enfants plus âgés si les cuti-tuberculinations préalables en étaient une condition *sine qua non*. En effet, pour effectuer deux cuti-tuberculinations, en lire les résultats et pratiquer la vaccination, il faudrait réunir trois fois de suite, en sept jours, les groupes convoqués pour des vaccinations collectives. Or, l'expérience a montré qu'il est totalement impossible d'imposer plusieurs déplacements successifs, à bref délai, aux fellahs et surtout à leurs femmes, qui sont obligées d'accompagner les jeunes enfants. C'est pour la même raison péremptoire que, dans les campagnes algériennes, nous avons remplacé les trois inoculations de vaccin non vivant contre le typhus exanthématique par une seule inoculation, d'une dose plus forte d'un vaccin plus dense.

H. Foley et L. Parrot ont donc recherché si les cuti-tuberculinations préalables étaient vraiment nécessaires. La seule question qui se pose est celle-ci : l'inoculation du B. C. G. à des sujets naturellement allergiques, c'est-à-dire en état d'infection tuberculeuse, peut-elle être dangereuse pour eux ? La réponse, donnée par les expériences minutieuses et prudentes faites depuis vingt ans par H. Foley et L. Parrot, est catégoriquement négative. Elle est confirmée, au surplus, par une foule de travaux effectués ailleurs et par A. Calmette lui-même : l'inoculation du vaccin B. C. G. à un sujet tuberculeux est complètement inoffensive. Depuis 1933, plus de 20000 enfants de zéro à quinze ans ont déjà été vaccinés dans le *bled* algérien selon la méthode de Foley-Parrot [1].

---

[1] *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, **9**, 4, 1931, p. 598-629; **12**, 4, 1934, p. 409-434; **14**, 1, 1936, p. 6-8; 4, 1936, p. 418-420; **19**, 4, 1941, p. 426-430; **21**, 4, 1943, p. 233-254; *Ann. Inst. Pasteur*, **53**, 1934, p. 509-534; *Bull. Soc. Path. exot.*, **27**, 7, 1934, p. 622-625; **28**,

En conclusion, les cuti-tuberculinations préalables à la vaccination antituberculeuse apparaissent aujourd'hui comme inutiles. Si on les exigeait, il faudrait renoncer à faire bénéficier les populations rurales algériennes de cette vaccination. Le seul moyen de donner leur chance de salut aux innombrables populations éparpillées dans le bled et la brousse consiste à appliquer la méthode qu'il est juste d'appeler la méthode Foley-Parrot : vacciner en une fois, sans cuti-tuberculinations préalables, par des scarifications cutanées, tous les enfants en bonne santé au-dessous de quinze ans et les revacciner tous les trois ans jusqu'à l'âge de quinze ans.

A. Calmette avait prescrit, en 1924, de ne vacciner que des sujets non allergiques, afin d'éviter que des interprétations inconsidérées ne portassent tort à son vaccin, alors dans toute la fleur de sa nouveauté. Mais, à l'heure actuelle, la preuve est faite de l'innocuité de l'inoculation du B. C. G. à des tuberculeux. Il n'est plus besoin de s'inquiéter de la possibilité de jugements erronés : le facteur psychologique a perdu sa valeur. Pour la vaccination antituberculeuse dans le *bled*, une précaution inutile serait une précaution funeste : elle empêcherait la diffusion de la vaccination antituberculeuse.

A. Calmette, tenu au courant des essais d'application collective de la prémunition antituberculeuse dans les campagnes algériennes, écrivait à H. Foley, le 3 juillet 1933 : « La vaccination par le B. C. G. sans cuti-réactions préalables est l'idéal de simplicité dans votre pays ».

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les antinomies de la théorie des ensembles.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

1. Cherchons d'abord à préciser le rapport qui existe entre la proposition de la théorie des ensembles : *L'axiome le tout est plus grand que la partie n'est vrai que pour les ensembles finis, tandis que les ensembles infinis possèdent la propriété de correspondre parfaitement à quelqu'une de leurs parties* et le principe de l'induction complète : *Si une proposition étant vraie pour un nombre quelconque, est aussi vraie pour le suivant, elle est vraie pour tous les nombres y compris l'infini.* Henri Poincaré ([1]) a caractérisé le raisonnement par récurrence comme *instrument qui permet de passer du fini à l'infini.*

Théorème I. — *Deux ensembles infinis* E_1, E_2 *de nombres entiers en suite naturelle*

$$(E_1)\quad 1, 2, 3, 4, 5, \ldots, \infty; \qquad (E_2)\quad 1, 2, 3, 4, 5, \ldots, \infty$$

ne sont équivalents que si les origines ([2]) *de leur infini sont identiques.*

10, 1935, p. 894-896; *Bull. Acad. Méd.*, 117, 22, 1937, p. 636-638; *Algérie méd.*, n° 112, 1937, p. 169-173; *Cah. méd. Union franc.*, n° 19, 1948, p. 303-307.

([1]) *La Science et l'hypothèse*, Paris, 1940, p. 22.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 552-554; 227, 1948, p. 885-887.

Soient ∞ *est* $L^{-1}(a_1)$, ∞ *est* $L^{-1}(a_2)$ les équations d'origine des infinis de ces ensembles, N_1, N_2 leurs nombres cardinaux et, par conséquent,

$$N_1 : N_2 = L^{-1}(a_1) : L^{-1}(a_2) = a_1 : a_2.$$

On n'obtient $N_1 = N_2$, qu'en posant $a_1 = a_2$, ce qui démontre le théorème.

THÉORÈME II. — *Deux ensembles infinis ne peuvent être simultanément équivalents et l'un d'eux partie intégrante de l'autre, que lorsque cette connexion est compatible avec le principe de l'induction complète.*

Comparons l'ensemble E_1 à l'ensemble E_3 des nombres pairs en suite naturelle

$$(E_3) \quad 2, \ 4, \ 6, \ 8, \ 10, \ \ldots, \ \infty.$$

Si les ensembles E_1, E_3 sont équivalents, $N_1 = N_3$, on peut admettre que les équations d'origine des éléments infinis de ces ensembles sont respectivement $L^{-1}(a)$, $L^{-1}(2a)$. Les éléments finis de E_3 figurent également dans E_1, mais non pas l'infini d'origine $L^{-1}(2a)$ et, par conséquent, la conclusion que l'ensemble E_3 est simultanément équivalent à l'ensemble E_1 et partie intégrante de ce dernier, serait une induction illégitime, un sophisme de *dénombrement imparfait.*

Admettons maintenant que les infinis des ensembles E_1, E_3 ont une origine identique $L^{-1}(2a)$. Il vient alors que ces ensembles ne sauraient être équivalents, car

$$N_1 = \infty = L^{-1}(2a), \qquad N_2 = \infty = L^{-1}(a), \qquad N_1 : N_2 = 2.$$

Il résulte de cette discussion que dans le cas des ensembles infinis E_1, E_3 la condition d'équivalence de ces ensembles est incompatible avec la condition que E_3 est partie intégrante de E_1. Nous n'avons considéré qu'un cas particulier, mais de pareilles incompatibilités apparaissent chaque fois qu'on attribue aux ensembles infinis des propriétés qui seraient nettement contradictoires si les ensembles étaient finis. C'est une conséquence directe du principe de l'induction complète qu'on peut aussi formuler comme suit : *Si une propriété n'étant pas vraie pour un nombre quelconque, ne l'est non plus pour le suivant, elle n'est pas vraie pour tous les nombres y compris l'infini.*

2. Considérons un exemple où la propriété d'un ensemble d'être équivalent à un autre et simultanément partie intégrante de ce dernier n'est pas contradictoire. Soient les ensembles :

$$(E_4) \quad 1, \ 2, \ 3, \ 4, \ \ldots, \ n; \qquad N_4 = n,$$
$$(E_5) \quad 1, \ 4, \ 9, \ 16, \ \ldots, \ n^2; \qquad N_5 = n,$$
$$(E_6) \quad 1, \ 2, \ 3, \ 4, \ \ldots, \ n^2; \qquad N_6 = n^2.$$

Ramenons l'ensemble E_6 à la forme E_7,

$$(E_7) \quad 1, \ (2, 3, 4), \ (5, 6, 7, 8, 9), \ \ldots, \ [(n-1)^2+1, \ldots, n^2]; \qquad N_7 = n.$$

Pour une valeur quelconque de n, y compris l'infini, les ensembles E_4, E_5, E_7 sont équivalents et les ensembles E_4, E_5 parties intégrantes de E_6 et de E_7, mais E_5 ne saurait être partie intégrante de E_4. Ces résultats sont basés sur un raisonnement par récurrence, et n'ont pas un caractère antinomique.

3. Je rappellerai maintenant, en la complétant, une démonstration ([3]) du :

THÉORÈME III. — *L'ensemble de toutes les fractions décimales est énumérable.*

Cette démonstration est basée sur la remarque que le nombre des arrangements complets (variations avec répétition) de n éléments, distincts ou non, choisis parmi les chiffres 0, 1, 2, ..., 9, est égal à 10^n. Il en résulte que le nombre de toutes les fractions décimales à n ou moins de n chiffres décimaux, ainsi que le nombre de tous les entiers à n ou moins de n chiffres sont, en y adjoignant zéro, égaux à 10^n. Les fractions à moins de n chiffres décimaux sont celles où l'on omet le ou les zéros figurant à droite du dernier chiffre décimal non nul et les entiers à moins de n chiffres sont ceux où, dans les variations avec répétition, on omet le ou les zéros figurant à gauche, au devant du premier chiffre non nul. Les deux ensembles considérés sont, par conséquent, équivalents quel que soit leur nombre cardinal et, en raison du principe d'induction complète, cette équivalence se conserve lorsqu'on passe du fini à l'infini. C. Q. F. D.

L'équivalence de ces deux ensembles étant démontrée, on peut établir de différentes façons une correspondance univoque et réciproque entre leurs éléments. J'en ai indiqué une dans le travail précité ([3]), mais celle qui est représentée par les tableaux ci-après est beaucoup plus simple. A toute fraction décimale $0, b_1 b_2 \ldots b_{n-1} b_n$, correspond le nombre entier $b_n b_{n-1} \ldots b_2 b_1$ et *vice versa* :

0	0,01	0,02	...	0,09	0,001	...
0,1	0,11	0,12	...	0,19	0,101	...
...	....	....	...	....	.....	...
0,9	0,91	0,92	...	0,99	0,901	...

0	10	20	...	90	100	...
1	11	21	...	91	101	...
.	..	..	...	..	...	...
9	19	29	...	99	109	...

4. En considérant comme point figuratif d'une fraction décimale non pas l'extrémité sans dimension d'un vecteur, mais un accroissement virtuel de ce dernier, c'est-à-dire un zéro d'origine dimensionnelle, on peut convenir de dire que l'ensemble de toutes les fractions décimales permet de représenter tous les points dimensionnels d'un intervalle 0 — 1 en suite absolument continue. Les nombres irrationnels, transcendants, ceux qui sont exprimés dans un autre système de numération, etc., ne se distinguant des fractions décimales de même valeur numérique, que par l'origine d'un zéro ([2]), leurs points figuratifs se superposent nécessairement aux points figuratifs de ces fractions décimales et ne sauraient, par conséquent, se placer entre eux.

([3]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1112.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage d'un Ouvrage publié en collaboration avec M. André Angladette et intitulé *Le Riz*.

M. **Costantino Gorini** fait hommage de trois Mémoires : 1° *Sugli enzimi microbici abituali;* 2° *Sulla genotipicità degli enzimi microbici;* 3° *Raggruppamento enzimatico dei batteri.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Linus Pauling** et **Henri Besairie** sont élus Correspondants pour la Section de Minéralogie, en remplacement de MM. *Jacques Cochon de Lapparent* et *Maurice Leriche*, décédés.

DÉSIGNATIONS.

M. **Robert Courrier** est désigné pour représenter l'Académie dans le Conseil d'Administration du **Palais de la Découverte.**

M. **Louis Fage** est adjoint à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie aux fêtes de la Commémoration du Centième anniversaire de la fondation de l'**Académie Royale des Sciences exactes, physiques et naturelles de Madrid**, qui auront lieu dans cette ville, du 24 au 30 avril 1949.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recherche et expérimentation en Agriculture,* par Félicien Bœuf et A. Vessereau. Tome I. *Objectifs de la recherche agronomique. Méthodes d'expérimentation,* par Félicien Bœuf (présenté par M. Raoul Combes).

2° Louis Bounoure. *Reproduction sexuelle et histoire naturelle du sexe. — Hérédité et physiologie du sexe. — L'Autonomie de l'Être vivant.*

3° *Introduction mathématique aux théories physiques modernes.* Première Partie. *Nombres complexes, nombres hypercomplexes, matrices, opérateurs, applications élémentaires,* par Max Morand.

4° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National Albert. Mission H. Damas (1935-1936), Fascicule 16. *Dytiscidæ et Gyrinidæ,* par F. Guignot.

5° Id. Missions J. Verhoogen (1938 et 1940). Fascicule 1. *Les éruptions* 1938-1940 *du volcan Nyamuragira,* par. J. Verhoogen.

Mmes **Camille Flammarion**, **Étienne Le Gal**, **Pauline Ramart**, Mlles **Madeleine Fourcroy**, **Marguerite Richard**, MM. **Jean Abelé**, **Édouard Belin**, **Edmond Blaessinger**, **Georges Barbier**, **Jean Bernier**, **Marcel Bessis**, **Georges Bouligand**, **Robert Bureau**, **Mejer Burstein** [**Burszetjn**], **Eugène Cattelain**, **Raoul Caussé**, **André de Cayeux de Sénarpont** dit **Cailleux**, **Paul Chailley-Bert**, **Jean Cheymol**, **Jean Courtois**, **Roger Couvelaire**, **Pierre Delattre**, **Jean Dieudonné**, **Paul Dubreil**, **Marcel Dubuisson**, **André Dufour**, **André Etienne**, **Marc Foëx**, **Jean Goguel**, **Louis Gougerot**, **Pierre Graux**, **Georges Guigay**, **André Guilcher**, **Henri Heldt**, **Félix d'Hérelle**, **Sébastien Iglésis**, **Albert Iliovici**, **Alfred Jost**, **Alfred Kastler**, **Auguste Kern**, **Albert Kirrmann**, **Julien Kravtchenko**, **Paul Laffitte**, **Jean-Marie Le Goff**, **Maurice Lemoigne**, **Jacques Lévy**, **Philippe L'Héritier**, **Gabriel Lucas**, **René Lucas**, **Gustave Malécot**, **Emmanuel de Margerie**, **Ernest Mercier**, **Roger Meslin**, **Henri Milloux**, **Adrien Mondiez**, **Eugène Nageotte**, **Maxime Nicolini**, **Lucien Petitjean**, **Charles Platrier**, **Jacques Pomey**, **Marcel Prettre**, **André-Romain Prévot**, **Yves Rocart**, **Daniel Routier**, **André Sanfourche**, **Piere Tauzin**, **André Thomas**, **Félix Trombe**, **René Truhaut**, **Georges Valiron**, **Marino Vagliano**, **Léon Velluz**, **Henri Warembourg** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Henry Berthomieu**, **Raymond Daucel**, **Raoul Lecoq**, **Albert Métral**, **Jean Verne**, le Général Commandant l'**École Polytechnique**, le Président de la **Société d'encouragement pour l'Industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

ALGÈBRE. — *Les semi-dérivations dans les extensions radicielles.* Note de M. **Jean Dieudonné**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Soit K un corps commutatif de caractéristique $p > 0$. Soit u un endomorphisme de la structure de groupe additif de K, tel en outre que $u(1) = 0$; alors on voit aisément que l'ensemble S_u des $x \in K$ ayant la propriété que $u(xy) = xu(y) + yu(x)$ pour tout $y \in K$ est un *sous-corps* de K; il est bien connu que l'ensemble des $x \in K$ tels que $u(xy) = xu(y)$ pour tout $y \in K$ est un sous-corps N_u de K : on peut ainsi le définir comme le sous-corps de S_u où u s'annule. Nous dirons qu'un endomorphisme D de la structure de groupe additif de K, tel que $D(1) = 0$, est une *semi-dérivation de hauteur r* si le corps S_D contient le sous-corps K^{p^r} de K : les *dérivations* sont donc les semi-dérivations *de hauteur* 0. Nous dirons qu'une semi-dérivation D de hauteur r est *spéciale* si le corps N_D contient les corps K^{p^r}. On notera que la restriction

d'une semi-dérivation de hauteur r au corps K^{p^r} est une dérivation de ce corps (à valeurs dans K); elle s'annule donc dans $K^{p^{r+1}}$; en d'autres termes, une semi-dérivation de hauteur r est une semi-dérivation spéciale de hauteur $r+1$.

2. Soit L un sous-corps de K, tel que K soit *radiciel* sur L et de degré fini; soit $r+1$ l'*exposant* de K sur L (plus petit entier tel que $K^{p^{r+1}} \subset L$). Soit M un sous-corps de K tel que $L(K^{p^r}) \subset M \subset K$ et $M^p \subset L$. Généralisant la théorie de N. Jacobson pour $r = 0$ [1], considérons l'ensemble $\Delta(L, M)$ des semi-dérivations D de hauteur r du corps K, telles que $L \subset N_D$, $M \subset S_D$ et $D(M) \subset M$; restreinte à M, D est donc une *dérivation* de ce corps s'annulant dans L. Inversement, on vérifie aussitôt que toute dérivation de M s'annulant dans L peut se prolonger en une semi-dérivation appartenant à $\Delta(L, M)$ et pouvant prendre des valeurs arbitraires aux éléments d'une base de K sur M.

3. Si $D \in \Delta(L, M)$, il en est de même de D^p ($p^{\text{ième}}$ itérée de D) et de zD pour tout $z \in M$; si D_1, D_2 appartiennent à $\Delta(L, M)$, il en est de même de $[D_1, D_2] = D_1D_2 - D_2D_1$; en d'autres termes, $\Delta(L, M)$ est un *p-anneau de Lie* sur le corps M [2]. Les semi-dérivations spéciales de $\Delta(L, M)$ s'annulant dans M forment un *idéal* $\Sigma(L, M)$ dans l'anneau de Lie $\Delta(L, M)$: ce n'est autre que l'ensemble de tous les endomorphismes de K considéré comme espace vectoriel sur M, qui s'annulent dans M; $\Sigma(L, M)$ est donc non seulement un anneau de Lie, mais un anneau associatif (pour la loi D_1D_2) et un espace vectoriel sur K [ce qui n'est pas le cas de $\Delta(L, M)$]. Nous verrons plus tard que ces propriétés caractérisent $\Delta(L, M)$ et $\Sigma(L, M)$. L'anneau de Lie quotient $\Delta(L, M)/\Sigma(L, M)$ est isomorphe à l'anneau (sur M) des dérivations de M s'annulant dans L; si $[M:L] = p^m$, il est donc de rang m sur M; quant à $\Sigma(L, M)$, il est de rang $[K:M] - 1$ sur K.

4. Soient $\mathcal{E}(K)$ l'anneau (associatif) des endomorphismes du groupe additif K. Dans cet anneau, $\Delta(L, M)$ et l'automorphisme identique *engendrent* l'anneau $\mathcal{L}(K_L)$ de tous les endomorphismes de K considéré comme espace vectoriel sur L. Pour le voir, il suffit, d'après le théorème de Jacobson-Bourbaki [3], de montrer que L est identique à l'intersection de tous les corps N_D, où D parcourt $\Delta(L, M)$, ou encore que pour tout $x \notin L$ dans K, il existe $D \in \Delta(L, M)$ tel que $Dx \neq 0$. Or, en vertu de ce qui précède, cela est trivial pour $x \notin M$, et se réduit à un résultat connu [4] pour $x \in M$.

---

(1) *Cf.* N. JACOBSON, *Trans. Amer. Math. Soc.*, **42**, 1937, p. 206-224 et *Amer. Journ. of Math.*, **66**, 1944, p. 645-648.

(2) « *Restricted Lie ring of characteristic p* » dans la terminologie de Jacobson.

(3) *Cf.* N. BOURBAKI, *Algèbre*, chap. II, § 5, théorème 3 (*Actual. Scient. et Ind.*, n° **1032**, Paris, 1947), p. 70.

(4) A. WEIL, *Amer. Math. Soc. Coll. Publ.*, vol. XXIX, p. 13.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ordre de grandeur des fonctions sommables.* Note de MM. **István Sándor Gál** et **Jurjen Ferdinand Koksma**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\mathcal{S}$ une partie mesurable d'un espace lieu de points x. Supposons que les fonctions à valeurs complexes $f_n(x)$; $n=1, 2, \ldots,$ définies sur $\mathcal{S}$, appartiennent à la classe $L^{(p)}$ $(p \geqq 1)$. *Posons*

$$F(M, 0; x)=0 \quad \text{et} \quad F(M, N; x)=\sum_{n=M+1}^{M+N} f_n(x) \quad \text{si} \quad M \geqq 0 \quad (N>0).$$

Soit à évaluer l'ordre de grandeur de $F(0, N; x)$ pour presque toutes les valeurs de x lorsque $N \rightarrow \infty$, à partir d'inégalités du type

$$\int_S |F(0, N; x)|^p \, dx \leqq \Phi(N).$$

Dans cet ordre d'idées, le résultat suivant de Kronecker est connu ([1]) :

Si $\varphi(N)$ est une fonction croissante et positive telle que $\sum_{N=1}^{\infty} \varphi(N)^{-p}<\infty$, alors il résulte des inégalités $\int |F|^p \, dx \leqq \Phi(N)$ que $F(0, N; x)=o\left(\Phi(N)^{1/p} \varphi(N)\right)$ pour presque toutes les valeurs de x.

Il est aisé de constater sur un exemple que ce théorème ne peut pas être amélioré, c'est-à-dire que si $\Sigma \varphi(N)^{-p}$ diverge, alors, pour tout $\mathcal{S}$, p et $\Phi(N)$, il existe une suite $\{f_n(x)\}$ telle que $\int |F|^p \, dx \leqq \Phi(N)$, mais

$$F(0, N; x)=\omega\left(\Phi(N)^{\frac{1}{p}} \varphi(N)\right) \quad \text{pour tout} \quad x \in \mathcal{S}.$$

Il y a des cas cependant où l'on connaît aussi des inégalités de la forme $\int_S |F(M, N; x)|^p \, dx \leqq \Phi(M, N)$ et l'on peut alors obtenir un résultat plus fort par une méthode ([2]) dont on se sert dans la théorie des séries orthogonales. Dans le cas d'une suite $\{f_n(x)\}$ particulière, elle a été employée par l'un des auteurs ([3]). Nous nous proposons ici de donner un énoncé général.

Notations. — *a. Soit $\Omega(h)$ une fonction positive et croissante, prenant des*

([1]) *Cf.* St. Kaczmarcz et H. Steinhaus, *Theorie der Orthogonalreihen*, Warszawa, 1935, p. 8.

([2]) Hobson, *J. London Math. Soc.*, 12, 1912, p. 297-308 et Plancherel, *Comptes-rendus*, 157, 1913, p. 539-542. Menchoff, *Fund. Math.*, 4, 1923, p. 82-105. Rademacher, *Math. Ann.*, 87, 1922, p. 112-138.

([3]) I. S. Gál, *Nw. Archief v. Wiskunde*, 23, 1949, p. 1-26.

valeurs entières pour $h=0, 1, \ldots, H$. *Supposons de plus que* $\Omega(0)=1$ *et* $\Omega(H)\geqq H$. *Soit* $L=L(H)$ *l'entier positif tel que* $\Omega(L)<H\leqq\Omega(L+1)$.

b. Posons, pour $K=0$, $\mu_{L-\lambda}=0$, $\lambda=0, 1, \ldots, L$; *et pour* $1\leqq K<H$, *soit* $\mu_L\geqq 0$ *l'entier tel que* $\mu_L\Omega(L)\leqq K<(\mu_L+1)\Omega(L)$. *Soit* $K_0=0$ *et* $K_\lambda=\sum_{i=0}^{\lambda-1}\mu_{L-i}\Omega(L-i)$ *si* $\lambda\geqq 1$; *choisissons l'entier* $\mu_{L-\lambda}\geqq 0$ *de façon qu'on ait* $\mu_{L-\lambda}\Omega(L-\lambda)\leqq K-K_\lambda<(\mu_{L-\lambda}+1)\Omega(L-\lambda)$ *où* $1\leqq\lambda\leqq L$.

c. Appelons la représentation (unique) $K=\sum_{\lambda=0}^{L}\mu_{L-\lambda}\Omega(L-\lambda)$ représentation canonique.

d. Soit (T_λ) *l'ensemble des entiers* K_λ *qui figurent dans la représentation canonique d'au moins un* $K(0\leqq K<H)$. *Soit enfin* $\varkappa$ *un entier positif donné et considérons les* $K(0\leqq K<H)$ *tels que* $K_\lambda=\varkappa$. *Désignons le plus grand des* $\mu_{L-\lambda}$ *appartenant à ces* K_λ *par* $\bar{\mu}_{L-\lambda}=\bar{\mu}_{L-\lambda}(\varkappa)$.

A partir de ces définitions on peut démontrer le théorème général suivant :

Théorème. — A. *Supposons que* $\int_S|F(M, N; x)|^p dx\leqq\Phi(M, N)$, *où* $\Phi(M, N)$ *est une fonction positive définie sur l'ensemble des entiers* $M\geqq 0$ *et* $N>0$ *et* $\Phi(O, N)$ *est non décroissante. Soit* $\Psi(k)$ *une fonction définie pour les entiers positifs, à valeurs entières positives, croissante; soit* $\lim\Psi(k)=+\infty$ *pour* $k\to\infty$.

B. *Supposons que* $F(0, \Psi(k); x)=o\left(\Phi(O, \Psi(k))^{1/p}\varphi(\Psi(k))\right)$ *pour presque tous les points* $x\varepsilon\mathfrak{S}$.

C. *Soit* $\Delta=\Delta(k)=\Psi(k+1)-\Psi(k)$ *et désignons par* $\Omega_k(h)$ *une fonction croissante, prenant des valeurs entières pour* $h=0, 1, \ldots, \Delta(k)$; $\Omega_k(0)=1$. *Désignons de plus par* K_λ, $1\leqq\lambda\leqq L(\Delta)$, *le nombre entier défini plus haut (b).*

D. *Soit* $\Lambda_k=1$ *pour* $p=1$, *et*

$$\Lambda_k(K)=\sum_{\lambda=1}^{L(\Delta)}\left\{\frac{\Phi\left(0, \Psi(k)+K_\lambda\right)^{\frac{1}{p}}\varphi\left(\Psi(k)+K_\lambda\right)}{\Phi\left(0, \Psi(k)+K\right)^{\frac{1}{p}}\varphi\left(\Psi(k)+K\right)}\right\}^{\frac{p}{p-1}},$$

pour $p>1$. *Soit de plus* $D_k=\max\Lambda_k(K)$ *pour* $0\leqq K<\Delta(k)$ *et*

$$B_k=D_k^{p-1}\sum_{\lambda=0}^{L(\Delta)}\sum_{(T_\lambda)}\sum_{\mu=1}^{\bar{\mu}_{L-\lambda}}\frac{\Phi\left(\Psi(k)+K_\lambda, \mu\Omega_k(L-\lambda)\right)}{\Phi\left(0, \Psi(k)+K_\lambda+\mu\Omega_k(L-\lambda)\right)\varphi\left(\Psi(k)+K_\lambda+\mu\Omega_k(L-\lambda)\right)^p},$$

où (T_λ) *est défini dans (d).*

E. *Supposons finalement que* $\sum_{k=1}^{\infty}B_k$ *converge.*

Conclusion. — $F(0, N; x)=o\left(\Phi(0, N)^{1/p}\varphi(N)\right)$ *presque partout.*

On peut remplacer la condition (B) par l'hypothèse que $\sum_{k=1}^{\infty} \varphi\left(\Psi(k)\right)^{-p}$ converge. En effet dans ce cas on peut démontrer que (A) implique (B).

Pour une suite $\{f_n(x)\}$ et une fonction $\Phi(M, N)$ données, il faut choisir les fonctions $\Psi(k)$ et $\Omega_k(h)$. Lorsque $\Phi(M, N) = N^\alpha$; $1 \leqq \alpha \leqq 2$, on prendra $\Psi(k) = 2^k$ et $\Omega_k(h) = 2^h$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de Collingwood-Cartan.* Note (*) de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $w = f(z)$ une fonction méromorphe dans le plan fini, $z = g(w)$ sa fonction inverse, $\delta_N(a)$ le défaut de Nevanlinna pour f d'une valeur complexe a. MM. Collingwood [1] et Cartan [2] ont démontré le :

Théorème. — *Si toutes les branches de $g(w)$ sont algébriques dans un cercle $|w - a| < \sigma$, $(\sigma > 0)$, et si, en prolongeant l'une quelconque d'entre elles à l'intérieur de ce cercle on n'obtient qu'un nombre fini de branches, borné par un entier p indépendant de la branche initiale, le défaut de Nevanlinna de la valeur a est nul* [3].

M. Dinghas [4] a obtenu pour le défaut d'Ahlfors le théorème analogue suivant : *Si un domaine simplement connexe* D *de la sphère de Riemann est complètement intérieur à un domaine simplement connexe* D_0, *au-dessus duquel la surface de Riemann de $f(z)$ ne présente que des disques, dont le nombre de feuillets est inférieur à un entier fixe p, le défaut d'Ahlfors $\delta_A(D)$ est nul.*

Récemment, M. Collingwood [5] a généralisé son théorème de 1924, en faisant varier σ et p en fonction du rayon r du cercle dans lequel il étudie $f(z)$; il en déduit une borne supérieure du défaut $\delta_N(a)$.

Nous appliquerons ici une méthode semblable pour le cas du défaut d'Ahlfors.

Soit D, un domaine simplement connexe de la sphère de Riemann, A chaque valeur de r nous associerons un domaine $D(r)$, auquel D sera complètement intérieur, et dont la frontière se trouvera à une distance de D au moins égale à $\sigma(r)$. La fonction $f(z)$ représente $|z| \leqq r$ sur une surface de Riemann $W(r)$, l'aire $\pi S(r)$. Soient $S(r, D)$ la moyenne des couches de $W(r)$ sur D, $n(r, D)$, la somme des multiplicités des disques sur D de cette surface.

$$S(r, D) - n(r, D) = \mu(r, D)$$

est la contribution due aux langues.

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1125.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1003.

(3) S. Kakutani, *Proceedings of the Phys. Math. Soc. of Japan*, **17**, 1935, p. 174.

(4) *Math. Zeits.*, **45**, 1939, p. 20.

(5) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 615, 709, 749, 813.

Soit alors $P(r)$ le maximum du nombre de feuillets des disques ou langues de $W(r)$ sur D. Nous allons majorer $\mu(r, D)$ au moyen de $\sigma(r)$, de $P(r)$, et de la longueur $L(r)$ du contour $\Gamma(r)$ de $W(r)$.

Une langue sur D est contenue dans une langue $\mathcal{L}_1$ sur $D(r)$. Si la portion de $\Gamma(r)$ qui limite $\mathcal{L}_1$ se referme dans $D(r)$, $\mathcal{L}_1$ est l'unique langue sur $D(r)$, et $\mu(r, D) \leqq P(r)$. Sinon, cet arc de courbe a une longueur au moins égale à $2\sigma(r)$; il y a donc $L(r)/2\sigma(r)$ langues $\mathcal{L}_1$ au plus; chacune d'elles peut donner plusieurs langues sur D, mais ne peut recouvrir un point quelconque de D plus de $P(r)$ fois. Donc $\mu(r, D) \leqq P(r)L(r)/2\sigma(r)$.

Nous utiliserons désormais cette dernière limitation [en supposant, si la première se produit pour des r arbitrairement grands, que $2\sigma(r) \leqq L(r)$].

Nous avons donc $S(r, D) - n(r, D) \leqq P(r)L(r)/2\sigma(r)$, et, d'après le premier théorème du recouvrement d'Ahlfors : $|S(r) - S(r, D)| < hL(r)$, h ne dépendant que de D. Donc

$$S(r) - n(r, D) \leqq \frac{P(r)L(r)}{2\sigma(r)} + hL(r), \tag{1}$$

soit encore

$$1 - \frac{n(r, D)}{S(r)} \leqq \frac{P(r)L(r)}{2\sigma(r)S(r)} + h\frac{L(r)}{S(r)}.$$

Théorème. — D *étant un domaine simplement connexe de la sphère de Riemann, complètement intérieur à des domaines* $D(r)$ *dont la frontière est à une distance* $\sigma(r)$ *de* D, *si les disques ou langues de la surface de Riemann décrite par* $w = f(z)$ *quand* $|z| \leqq r$ *ont un nombre de feuillets au plus égal à* $P(r)$, *le défaut d'Ahlfors du domaine* D *pour* $f(z)$ *vérifie*

$$\delta_A(D) \leqq \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{P(r)L(r)}{2\sigma(r)S(r)}. \tag{2}$$

Comme $L(r) < S(r)^{(1/2)+\varepsilon}$ en dehors d'intervalles de longueur logarithmique finie, il suffit de supposer que la limite supérieure, dans (2), a été prise pour r tendant vers l'infini en restant sur des intervalles de longueur logarithmique totale infinie.

En particulier, si $\sigma(r)$ est constante [$D(r)$ est alors un domaine fixe D_0], on voit que $\delta_A(D) = 0$ si $P(r) \leqq O[S(r)^{(1/2)-\alpha}]$, avec $\alpha > 0$.

On peut établir un théorème analogue pour le défaut de Nevanlinna d'un domaine D. Intégrée par rapport à $\log r$, l'inégalité (2) donne

$$T(r) - N(r, D) \leqq \int_0^r \frac{P(t)L(t)}{2t\sigma(t)} dt + h\int_0^r \frac{L(t)}{t} dt. \tag{3}$$

Les intégrales du second membre peuvent être majorées au moyen de l'inégalité de Schwarz et de l'inégalité obtenue par Ahlfors :

$$L^2(r) \leqq 2\pi^2 r \frac{dS(r)}{dr}.$$

D'autre part, $T(r) \leqq [S(r)]^{1+\varepsilon}$ ($\varepsilon > 0$), en dehors d'intervalles de longueur logarithmique totale finie. Nous obtenons donc, en nous bornant au cas où $\sigma(r) =$ const., le résultat suivant :

Le défaut $\delta_N(D)$ est nul si $\int_0^r [P^2(t)/t]\,dt \leqq O[S(r)^{1-\alpha}]$, avec $\alpha > 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'uniformisation des fonctions algébroïdes.* Note de M. **Jean Combes**, présentée par M. Paul Montel.

On peut uniformiser les fonctions algébriques à l'aide de fonctions fuchsiennes. Pour des fonctions algébroïdes, on devra faire appel à des fonctions *fuchsoïdes*, correspondant à des groupes dérivés d'une infinité de substitutions génératrices.

1. Certaines propriétés des groupes fuchsiens subsistent sans modification pour les groupes fuchsoïdes. La méthode du rayonnement, appliquée dans l'ellipse du plan de Cayley, permet de déterminer un domaine fondamental, qui est un polygone convexe à une infinité de côtés. Les côtés intérieurs à l'ellipse sont deux à deux conjugués; les sommets intérieurs, *adventifs* ou *elliptiques*, se répartissent en cycles. Les sommets situés sur l'ellipse sont ou *adventifs* (cas qu'on peut toujours éliminer en choisissant convenablement le centre du polygone rayonné), ou *paraboliques* (on peut toujours supposer qu'ils forment des cycles fermés à un seul élément), ou *points d'accumulation de sommets du polygone :* ce dernier cas n'existait pas pour les groupes fuchsiens.

Étant donné un polygone à un nombre fini de côtés, on connaît les conditions *nécessaires et suffisantes* pour qu'il soit un domaine fondamental d'un groupe fuchsien. Dans le cas d'une infinité de côtés, on obtient une condition *suffisante*, en adjoignant aux conditions de conjugaison des côtés et de répartition des sommets en cycles la condition suivante : *le minimum de la distance de deux côtés non consécutifs du polygone est un nombre positif.*

En utilisant ces conditions suffisantes, il est facile de construire des polygones fuchsoïdes, n'ayant pour sommets que des sommets paraboliques et les points d'accumulation, en nombre fini ou infini, de ces sommets.

2. Pour un groupe automorphe dont le polygone générateur a une infinité de côtés, il n'existe pas en général de fonction méromorphe dans le domaine de discontinuité propre du groupe, invariante par les substitutions du groupe, et ne prenant toute valeur prise qu'en un nombre fini de points non équivalents.

Nous appellerons fonctions automorphes les fonctions vérifiant seulement *les deux premières propriétés.* On peut en former pour tout groupe comme quotients de séries Θ de Poincaré.

Soit $x(z)$ une fonction automorphe quelconque du groupe. Quand z décrit un polygone fondamental P, x décrit un domaine à un nombre fini ou infini de

feuillets. Si l'on fait coïncider les points de ce domaine provenant de points z équivalents, on obtient une surface de Riemann homéomorphe à la surface obtenue en soudant les côtés homologues de P.

Les fonctions automorphes du groupe ne sont autres que les fonctions de x uniformes sur cette surface. Une telle fonction $y(x)$ est uniformisée par les fonctions automorphes $x(z)$, $y(z)$.

3. Soit la surface de Riemann S d'une fonction algébroïde entière. En la considérant comme limite de surfaces algébriques S_n dont le nombre de points de ramification croît indéfiniment avec n, on voit qu'on peut tracer sur elle un système infini de coupures la rendant simplement connexe, ces coupures ne s'accumulant qu'à l'infini. Soit S' la surface coupée.

Soient e_p, des points isolés sur S. Il est possible, comme dans la théorie des fonctions algébriques (et on le démontre de même par une représentation conforme de la surface de recouvrement), de déterminer sur S une fonction z, linéairement polymorphe, admettant des singularités d'ordre donné l_p aux points e_p. On a encore le

THÉORÈME. — *Deux fonctions z et t, linéairement polymorphes sur* S, *y admettant les mêmes points singuliers* e_p *avec le même ordre* l_p *et n'ayant comme autres points singuliers que les points d'accumulation des* e_p, *sont transformées homographiques l'une de l'autre.*

Ce théorème est vrai pour une surface de Riemann quelconque.

Soit la surface S' rendue simplement connexe par les coupures; une fonction z sans singularités sur S la représente conformément sur un *polygone fuchsoïde*.

Ce polygone a un seul sommet qui soit point d'accumulation de sommets; on voit aisément que le groupe fuchsoïde correspondant est de *première espèce* (non proprement discontinu sur certains arcs du cercle-unité).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques remarques sur les éléments frontière des surfaces de Riemann et sur les fonctions correspondant à ces surfaces.* Note de M. **Simon Stoïlow**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une surface de Riemann, conçue comme surface de recouvrement (R) du plan complexe (z), est définie par une variété quelconque à deux dimensions V et une transformation intérieure T de V en (z), ou en une partie de (z) [1]. Les éléments de la frontière (idéale) de V sont définis par des voisinages Δ_i formant une suite déterminante [2] et les portions $T(\Delta_i)$ de (R) sont des voisinages de l'élément frontière correspondant de (R). Ils forment (comme les Δ_i) un système complet de voisinages, en ce sens que tout autre voisinage du même élément est compris entre deux $T(\Delta_i)$.

---

(1) *Voir*, par exemple, mes *Leçons sur les Principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, Paris, Gauthier-Villars, 1938, p. 119.

(2) Ouvrage cité, p. 85.

La correspondance biunivoque établie par une fonction analytique quelconque entre sa surface de Riemann et celle de sa fonction inverse s'étendant aux voisinages (et donc aux éléments frontière), il est facile de voir qu'un élément frontière d'une surface de Riemann peut être tel que *la fermeture de la projection, sur* (z), *de tout voisinage de cet élément occupe* (z) *tout entier*. En effet, il suffit de considérer, par exemple, l'élément frontière (unique) de la fonction inverse d'une fonction uniforme n'ayant qu'un seul point singulier essentiel. Appelons *totalement étalé* un tel élément.

Nous allons indiquer, ici, certaines conséquences résultant, pour les fonctions correspondant à (R), de la non-existence, dans la frontière de (R), d'éléments totalement étalés.

Dans la classe ($\mathcal{J}$) des fonctions analytiques qu'on peut toujours prolonger dans un voisinage quelconque d'un chemin quelconque tracé sur (z) [fonctions d'Iversen], il existe d'importantes familles marquées par le fait que les inverses des fonctions leur appartenant sont encore de la classe ($\mathcal{J}$). Telles sont par exemple, les fonctions correspondant aux surfaces de Riemann dont la frontière est de mesure harmonique nulle (au sens de M. Rolf Nevanlinna); ou bien les fonctions définies par une relation entière $G(w, z) = 0$.

Un résultat antérieur ([3]) concernant le comportement des premières au voisinage des éléments frontière de leurs domaines d'existence, conduit à formuler la proposition suivante :

Si la surface de Riemann (R), *dont la frontière est de mesure harmonique nulle, ne possède aucun élément frontière totalement étalé, toute fonction* $w(z)$ *correspondant à* (R) *satisfait à une relation.*

$$\sum_{k=0}^{n} w^k A_k(z) = 0,$$

où les $A_k(z)$ *sont des fonctions uniformes dont l'ensemble singulier est de mesure harmonique nulle.*

La proposition résulte facilement, du fait que $z(w)$ ne peut avoir aucun élément d'indétermination complète, par application du résultat rappelé. On peut même remplacer dans l'énoncé *fonction correspondant à* (R), par fonction définie et uniforme sur tout (R) (pouvant y avoir des pôles).

On a de plus : si, pour une fonction déterminée $w(z)$, la surface de Riemann de l'inverse $z(w)$ ne possède non plus aucun élément frontière totalement étalé, cette fonction est *algébrique*.

([3]) *Sur les singularités des fonctions analytiques multiformes* etc., *Mathematica*, XIX, 1943, p. 126 et suivantes. Dans une série de conférences que j'ai eu l'honneur de donner à la Faculté des Sciences de Paris, en mai 1947, j'ai communiqué, entre autres, ce résultat.

On appelle fonction d'automorphie ([4]) d'une fonction $f(z)$ les fonctions $w(z)$ définies par

$$f(w) = f(z),$$

autres que $w = z$.

On peut montrer que, si $f(z)$ est méromorphe dans le plan fini, les fonctions d'automorphie ne peuvent avoir un nombre fini de déterminations sans être algébriques, comme l'a fait M. Shimizu ([4]).

Par application d'une proposition, que j'ai donnée autrefois ([5]), sur le comportement au voisinage de l'infini des fonctions définies par une relation entière

$$\mathcal{G}(w, z) = 0,$$

on obtient ici :

Toute surface de Riemann d'une fonction d'automorphie de fonction méromorphe, possède nécessairement un élément frontière totalement étalé, si elle n'est pas une surface close.

Ainsi la non-existence d'éléments totalement étalés entraîne, dans les cas signalés, des relations analytiques finies pour les fonctions correspondantes.

Remarquons encore, en terminant, que ces faits, concernant les deux familles de la classe $(\mathcal{J})$ envisagées ici, tiennent essentiellement à la réciprocité, entre les fonctions et leurs inverses, quant à la propriété caractéristique de la classe $(\mathcal{J})$.

TOPOLOGIE. — *Un isomorphisme attaché aux structures fibrées.* Note (*) de M. Guy Hirsch, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit $\widetilde{\mathrm{M}}$ un espace fibré en fibres $\check{\mathrm{F}}$ avec M pour espace de base. Choisissons dans $\widetilde{\mathrm{M}}$ un exemplaire de $\check{\mathrm{F}}$, c'est-à-dire l'image réciproque pour la projection P, d'un point quelconque de M; soit I cette application de $\check{\mathrm{F}}$ dans $\widetilde{\mathrm{M}}$; I définit un homomorphisme du groupe d'homologie $\check{\mathfrak{H}}$ de $\check{\mathrm{F}}$ en le groupe d'homologie $\widetilde{\mathfrak{H}}$ de $\widetilde{\mathrm{M}}$; soit ${}_0\check{\mathfrak{H}}$ le noyau de cet homomorphisme ([1]).

Soit $I({}_0\check{\mathrm{Z}}^p)$ un cycle dans $\check{\mathrm{F}}$, représentant un élément à p dimensions de ${}_0\check{\mathfrak{H}}$; considérons dans $\widetilde{\mathrm{M}}$ les chaînes $\widetilde{C}({}_0\check{\mathrm{Z}}^p)$ dont le bord $\partial\widetilde{C}({}_0\check{\mathrm{Z}}^p) = I({}_0\check{\mathrm{Z}}^p)$. Soient

---

([4]) F. Marty, *Recherches sur la répartition des valeurs d'une fonction méromorphe*, (*Thèse*, Paris, 1931) et T. Shimizu, *On the fundamental domains and the groups for meromorphic functions* (*Japanese Journal of mathematics*, VIII, 1931, p. 237 et suiv.).

([5]) *Sur les fonctions analytiques dont les surfaces de Riemann ont des frontières totalement discontinues* (*Mathematica*, XII, 1936, p. 123 et suiv.).

(*) Séance du 27 octobre 1948.

([1]) Je considère ici les groupes d'homologie à coefficients rationnels; j'exige de plus que les automorphismes induits dans le groupe d'homologie de la fibre par le groupe de Poincaré de M se réduisent à la transformation identique.

$\check{\mathfrak{Z}}^{p+1}$ et $\mathfrak{Z}^{p+1}$ le groupe des cycles (à $p+1$ dimensions) respectivement de $\widetilde{M}$ et de M; $\widetilde{PC}({}_0\check{Z}^p)/P(\check{\mathfrak{Z}}^{p+1})$ définit un homomorphisme (indépendant du choix de $\check{F}$ dans $\widetilde{M}$, et du choix du représentant) de ${}_0\check{\mathfrak{H}}^p$ en $\mathfrak{Z}^{p+1}/P(\check{\mathfrak{Z}}^{p+1})$. Appelons ${}_*\check{\mathfrak{H}}^p$ le noyau de cet homomorphisme; soit $\check{\mathfrak{H}}'^p_0$ l'annulateur de ${}_0\check{\mathfrak{H}}^p$ (dans le groupe de cohomologie $\check{\mathfrak{H}}'^p$ de $\check{F}$); posons $\check{\mathfrak{H}}^p_* = {}_0\check{\mathfrak{H}}^p/{}_*\check{\mathfrak{H}}^p$, et $\check{\mathfrak{H}}'^p_* =$ (annulateur de ${}_*\check{\mathfrak{H}}^p)/\check{\mathfrak{H}}'^p_0$. Si $\mathfrak{H}^{p+1}$ et $\widetilde{\mathfrak{H}}^{p+1}$ désignent respectivement les groupes d'homologie de M et de $\widetilde{M}$ (pour la dimension $p+1$), $\widetilde{PC}$ est un isomorphisme de $\check{\mathfrak{H}}^p_*$ sur un sous-groupe $\mathfrak{W}^{(p)}_*$ de $\mathfrak{H}^{p+1}/P(\widetilde{\mathfrak{H}}^{p+1})$. Si $\mathfrak{X}'$ et $\mathfrak{Y}'$ sont les annulateurs (dans le groupe des cochaînes) respectivement de $P(\check{\mathfrak{Z}}^{p+1})$ et de toutes les chaînes $\widetilde{PC}({}_0\check{\mathfrak{H}}^p)$, et si $\mathfrak{B}'$ est le groupe des cobords (de M pour la dimension $p+1$), il y a un *isomorphisme* W' de $\check{\mathfrak{H}}'^p_*$ sur $\mathfrak{W}'^{(p)}_* = [(\mathfrak{X}'/\mathfrak{B}')/(\mathfrak{Y}'/\mathfrak{B}')]$, avec la relation des produits scalaires

$$\widetilde{PC}(\check{Z}^p_*).\,W'(\check{Z}'^p_*) = \check{Z}^p_*.\check{Z}'^p_*,$$

où $\check{Z}^p_*$ et $\check{Z}'^p_*$ sont respectivement des éléments de $\check{\mathfrak{H}}^p_*$ et $\check{\mathfrak{H}}'^p_*$.

J'appelle W' l'*isomorphisme caractéristique* (réduit) de la structure fibrée considérée. On peut l'interpréter comme un cocycle caractéristique S', défini sur les éléments Z de $\mathfrak{H}$ et prenant ses valeurs dans le produit tensoriel $\mathfrak{H}\circ\check{\mathfrak{H}}_*$. En posant $(Z\circ\check{Z}^p_*).\check{Z}'^p_* = Z$ affecté du coefficient $\check{Z}^p_*.\check{Z}'^p_*$, nous définissons une multiplication de $\mathfrak{H}\circ\check{\mathfrak{H}}_*$ par $\check{\mathfrak{H}}'_*$, prenant ses valeurs dans $\mathfrak{H}$. Alors S' est défini par $S'(Z).\check{Z}'^p_* = Z \cap W'(\check{Z}'^p_*)$.

2. Si h est la plus petite dimension (positive) pour laquelle $\check{\mathfrak{H}} \neq 0$, $\check{S}'$ prend sur $\mathfrak{H}^{h+1}$ des valeurs dans $\check{\mathfrak{H}}^h_*$.

Whitney et Steenrod ([2]) ont introduit un cocycle caractéristique, défini sur $\mathfrak{H}^{h+1}$ et prenant ses valeurs dans $\check{\mathfrak{H}}^h$.

THÉORÈME. — *Sur* $\mathfrak{H}^{h+1}$, S' *coïncide avec le cocycle caractéristique de Whitney et Steenrod.*

3. Soit P' la transformation duelle de P. La relation $P'[W'(\check{Z}'^p_*)] \sim 0$ permet de poser (en choisissant des représentants) $P'W'(\check{Z}'^p_*) = \delta\widetilde{U}'(\check{Z}'^p_*)$; $\widetilde{U}'(\check{Z}'^p_*)$ est une extension (dans le groupe des cochaînes à p dimensions de $\widetilde{M}$) de l'élément $\check{Z}'^p_*$ du groupe des cocycles de $\check{F}$.

Si $\widetilde{L}$ est une chaîne quelconque de $\widetilde{M}$ (et, en particulier, une chaîne du noyau de P), $P[\widetilde{L} \cap \widetilde{U}'(\check{Z}'^p_*)]$ est un homomorphisme (abaissant de p le nombre de dimensions) qui généralise la projection P.

4. Signification de S' : soit Z^q un cycle à q dimensions de M, et soit $\check{Y}^q$ une

---

([2]) H. WHITNEY, *Bull. Amer. Math. Soc.*, **43**, 1937, p. 785-805; N. E. STEENROD, *Annals of Math.*, **43**, 1942, p. 116-131.

chaîne (généralisation de la section ou *Schnittfläche*) telle que $P(\tilde{Y}^q) = Z^q$, et $P(\partial\tilde{Y}^q) = 0$. Alors la valeur de S' sur Z^q décrit $\partial\tilde{Y}^q$:

$$P[\partial\tilde{Y}^q \cap \tilde{U}'(\check{Z}_\star'^p)] = Z^q \cap W'(\check{Z}_\star').$$

Si Z possède une section (au sens ordinaire) dans $\tilde{M}$, il y a un $\tilde{Y}$ avec $\partial\tilde{Y} = 0$; donc, $S'(Z) = 0$ est une condition *nécessaire* pour que Z possède une section; au point de vue de l'homologie, $S'(Z)$ indique l'obstacle que l'on rencontre pour la construction d'une section au-dessus de Z.

5. On peut représenter $\check{\mathfrak{H}}_\star$ par un sous-groupe du groupe des éléments *minimaux* de $\check{\mathfrak{H}}$ (ce sont des éléments $\check{Z}^p$ tels que $\check{Z}^p \cap \check{Z}'^q \sim 0$ pour $0 \neq q \neq p$); leur dimension p est toujours *impaire*.

$\mathfrak{W}'_\star$ engendre (par le produit $\cup$) l'annulateur des projections de classes de cycles (qui est un idéal); $\mathfrak{W}'_\star$ est un groupe générateur *minimal* de cet idéal [c'est-à-dire, un élément de $\mathfrak{W}'_\star$ n'est jamais de la forme $W'(\check{Z}'_\star) \cup Z'^q$, où Z'^q est une classe de cocycles de dimension positive].

6. On peut définir par récurrence [après avoir introduit des cocycles $\tilde{U}'(\check{Z}'_0)$, extensions dans $\tilde{M}$ de cocycles de $\check{\mathfrak{H}}'_0$] un *isomorphisme caractéristique* (complet) W', par la méthode du n° 1, où P est remplacé par les projections généralisées définies comme au n° 3. On obtient pour $\check{\mathfrak{H}}$ une chaîne normale (sans répétitions)

$$\check{\mathfrak{H}} \supset {}_0\check{\mathfrak{H}} \supset \ldots \supset {}_i\check{\mathfrak{H}} \supset \ldots \supset {}_s\check{\mathfrak{H}} \supset {}_{s+1}\check{\mathfrak{H}} = \text{groupe } 0;$$

posons $\check{\mathfrak{H}}'_i = (\text{annulateur de } {}_i\check{\mathfrak{H}})/(\text{annulateur de } {}_{i-1}\check{\mathfrak{H}})$.

L'isomorphisme caractéristique W' représente les éléments de $\check{\mathfrak{H}}'_i$ dans le produit tensoriel de $\check{\mathfrak{H}}'_{i-1}$ par le groupe de cohomologie $\mathfrak{H}'$ de M ([3]).

7. La connaissance de W' (et des anneaux de cohomologie de M et $\check{F}$) permet de déterminer la structure *additive* de $\tilde{\mathfrak{H}}$: on construit une chaîne normale

$$\tilde{\mathfrak{H}} = \tilde{\mathfrak{H}}_0 \supset \tilde{\mathfrak{H}}_1 \supset \ldots \supset \tilde{\mathfrak{H}}_i \supset \ldots \supset \tilde{\mathfrak{H}}_s \supset \tilde{\mathfrak{H}}_{s+1} = \text{groupe } 0$$

(dont les facteurs $\tilde{\mathfrak{H}}_i/\tilde{\mathfrak{H}}_{i+1}$ sont déterminés par W' et peuvent être considérés comme les groupes de cohomologie d'un espace abstrait).

([3]) L'isomorphisme caractéristique peut encore s'interpréter comme au n° 4, en remplaçant, dans la définition de $\tilde{Y}$, P par une des projections généralisées.

TOPOLOGIE. — *Sur les mouvements périodiques de certains systèmes mécaniques.* Note (*) de M. GEORGES REEB, présentée par M. Élie Cartan.

On sait comment on peut utiliser ([1]) le théorème de points fixes de Brouwer, pour établir l'existence d'un mouvement périodique de certains systèmes mécaniques à un degré de liberté qui sont dissipateurs d'énergie aux grandes vitesses, et excités. Nous nous proposons d'appliquer un théorème de points fixes ([2]) à une catégorie de systèmes mécaniques de même nature, mais à plusieurs degrés de liberté.

Soit donc (M) un système mécanique à liaisons holonomes indépendantes du temps, dont l'espace de configuration est une variété compacte V_n à n dimensions, cette variété est d'ailleurs douée naturellement d'une structure d'espace de Riemann grâce à la force vive $2T$ de (M). Soit $V_n^\star$ la variété fibrée des vecteurs tangents à $V_n^\star$, on désignera par (q, q') le vecteur q' tangent en q à V_n. La fibre de V_n est l'espace euclidien R^n.

Supposons que (M) est soumis à l'action de forces connues qui se répartissent dans les deux catégories suivantes :

a. Un système de forces dérivant d'une fonction de force U indépendante du temps. (Donc U est une fonction numérique sur V_n.)

b. Un système de forces perturbatrices, dont le travail virtuel élémentaire pour un déplacement élémentaire δq, est une forme linéaire δW en δq assujettie aux deux conditions suivantes :

1° La forme δW est fonction de $(q, q') \in V_n^\star$ et de t; de plus cette forme est une fonction périodique de t, dont la période est λ;

2° La valeur dW de la forme δW pour un déplacement réel (élémentaire) $q'_0\,dt$ à partir de la position (q_0, q'_0, t_0) vérifie l'inégalité $dW/dt < 0$ à condition que $\|q'_0\| > m$, où m est un nombre positif fixe attaché à (M). [En d'autres mots on suppose que (M) est dissipateur d'énergie aux grandes vitesses].

Considérons les sous-espaces W_h, $\widetilde{W}_h$ et $\overline{W_h}$ définis par les relations :

$$T = U + h, \qquad T < U + h, \qquad T \leq U + h;$$

et soit $-h_0$ le minimum de U sur V_n. On a les propriétés évidentes (si $h > h_0$) :

a. La trace de W_h (resp. $\widetilde{W}_h$ ou $\overline{W_h}$) sur une fibre R_0^n de $V_n^\star$ est une sphère euclidienne S_{n-1}^0 de R_0^n centrée à l'origine (resp. la boule fermée $\overline{B_n^0}$ ou ouverte $\widetilde{B}_n^0$ admettant S_{n-1}^0 comme bord).

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *Cf.* LEVINSON, *Journal of Math. and Physics*, 22, 1943, p. 49 et 181-188. *Voir* aussi, SALOMON LEFSCHETZ, *Lectures on differential equations*, Princeton, 1946.

([2]) *Cf.* ALEXANDROF HOPF, *Topologie*, Berlin, 1935, p. 542.

b. La projection canonique P de la variété fibrée V_n^* sur sa base V_n, définit W_h (resp. $\overline{W_h}$ ou $\widetilde{W}_h$) comme espace fibré de base V_n et de fibre S_{n-1}^0 (resp. $\overline{B}_n^0$ ou $\widetilde{B}_n^0$).

c. Il existe $h_1 > h_0$ tel que si $h > h_1$ on ait en tout point $(q, q') \in W_h$ l'inégalité $\| q' \| > m$.

Soit donc $h > h_1$ et $(q_0, q'_0) \in W_h$, et soit Γ_{q_0, q'_0, t_0} la trajectoire de (M) relative aux conditions initiales (q_0, q'_0, t_0); la condition (2) imposée à δW entraîne que le point figuratif (q, q') est d'abord situé dans le complémentaire de $\overline{W}_h$ (pour $t < t_0$ et contenu dans un voisinage convenable ω de t_0) puis dans $\widetilde{W}_h$ (pour $t > t_0$ et $t \in \omega$).

Il en résulte que Γ_{q_0, q'_0, t_0} est située dans $\overline{W}_h$ pour $t \geqq t_0$ et qu'elle est définie pour tout $t \geqq t_0$. La même condition est aussi remplie si $(q_0\, q'_0) \in \overline{W}_h$. Soit $F_{t_0, t}$ (où $t > t_0$) la transformation de $\overline{W}_h$ dans $\overline{W}_h$ telle que $F_{t_0, t}$ définisse, (q_0, q'_0, t_0) étant fixés, le mouvement correspondant aux conditions initiales (q_0, q'_0, t_0). Cette application est homotope à l'identité. Donc le nombre algébrique de points fixes de $F_{t_0, t_0+\lambda}$ est égal à $\chi(\overline{W}_h)$, où $\chi(K)$ désigne la caractéristique d'Euler-Poincaré de K. Or $\chi(\overline{W}_h) = \chi(V_n) \cdot \chi(\overline{B}_n^0) = \chi(V_n)$.

D'autre part il y a correspondance biunivoque entre mouvements périodiques de période λ, de (M) et points fixes de $F_{t_0, t_0+\lambda}$.

Donc nous pouvons énoncer :

Le nombre algébrique de mouvements périodiques de (M) *de période* λ *est égal à* $\chi(V_n)$. *Si* $\chi(V_n) \neq 0$, *alors* (M) *admet au moins un mouvement périodique.*

TOPOLOGIE. — *Sur la convexité des sphères et sur l'approximation dans les espaces de Banach*. Note de M. **Krzysztof Tatarkiewicz**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit C_δ un espace vectoriel normé, complet (ou de Banach), $\delta(x)$ la norme, θ l'élément neutre, $K(a, \sigma)$ la sphère fermée centrée en a et de rayon σ.

1° Un ensemble de C_δ sera dit *fortement convexe*, si x et y étant deux éléments quelconques de l'ensemble, l'intervalle $\alpha x + (1-\alpha) y$, $0 < \alpha < 1$ ne comprend que des points intérieurs à l'ensemble; il sera dit *faiblement convexe* s'il est convexe et s'il n'est pas fortement convexe.

S'il existe dans C_δ une paire d'éléments x, y additifs selon la norme

$$\delta(x + y) = \delta(x) + \delta(y),$$

alors on a aussi

$$\delta(\alpha x + \beta y) \doteq |\alpha|\, \delta(x) + |\beta|\, \delta(y),$$

pourvu que α et β soient de même signe.

La sphère $K(\theta, \sigma)$ est un ensemble convexe.

Pour qu'elle soit fortement convexe il faut et il suffit qu'il n'existe pas deux x, y linéairement indépendants et additifs selon la norme.

Plus généralement lorsque l'ensemble G des points

$$\sum_{i=1}^{n=1} \tau_i x_i,$$

où les x_i sont des éléments linéairement indépendants qu'on peut supposer normés $[\delta(x_i)=\sigma,\ i=1, 2, \ldots, n+1]$ et les τ_i des nombres réels $\geqq 0$, est tel que tout couple d'éléments de G est additif selon la norme, le simplexe $(x_1, \ldots, x_{n+1})$ définit une n-direction d'hyperplan qui est une *n-direction de planéité* pour la sphère $K(\theta, \sigma)$.

Enfin les n-directions de planéité de la sphère $K(a, \sigma)$ ne dépendent ni de a ni de σ, elles sont caractéristiques de l'espace C_δ.

2. Soit $Z=\{z_1, z_2, \ldots\}$ une suite totale d'éléments linéairement indépendants de C_δ. Appelons F_n l'ensemble de toutes les combinaisons linéaires de $z_1, \ldots, z_n$. Prenons un élément $x_0 \in C_\delta$ et formons la famille des sphères $K(x_0 \sigma)$, $0 \leqq \sigma < \infty$. Fixons n et prenons l'ensemble M_n des nombres réels $\sigma \geqq 0$ tels que $K(x_0 \sigma) F_n \neq 0$. L'ensemble M_n est non vide et borné inférieurement, donc on peut introduire la définition :

$$\mu_n(x_0) = \inf M_n.$$

Nous aurons $K(x_0, \mu_n(x_0)) . F_n \neq 0$, donc il existera toujours l'ensemble non vide

$$A_n(x_0, z, \delta) = K(x_0, \mu_n(x_0)) . F_n.$$

Chaque fonction $p_n(x) = \sum_{K=1}^{n} \alpha_k^n z_k \in A_n(x, z, \delta)$ forme un polynome de meilleure approximation selon la norme δ et la suite Z.

L'ensemble $A_n(x_0, z, \delta)$ est toujours convexe.

En appliquant les théorèmes sur la convexité forte des sphères, on peut formuler une condition nécessaire et suffisante pour que les polynomes de meilleure approximation soient uniques.

L'opération $p_n(x)$ est continue. Si $A_n(x, z, \delta)$ a plus d'un élément, la continuité doit être définie comme suit :

$$\text{si} \quad \lim_n f_n = f_0 \quad \text{alors} \quad \lim_n A_n(f_n, z, \delta) = A_n(f_0, z, \delta).$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur certaines fonctions aléatoires.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

Introduction. — On a défini les fonctions aléatoires $\Phi_{(K)}$ dans une Note antérieure à laquelle je renvoie pour les notations ([1]). Je me propose de préciser certaines propriétés des fonctions $\Phi_{(\infty)}$.

([1]) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1119.

I. *Propriétés valables pour toutes les fonctions* $\Phi_{(\infty)}$. — Soient $X(t)$ une fonction $\Phi_{(\infty)}$ et $x(\nu)$ la fonction intervenant dans la représentation harmonique de $X(t)$ conformément à ([2])

$$X(t)=\int_{\mathrm{mq}-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu t}\,dx(\nu). \tag{1}$$

Soient $\mathscr{F}_1, \mathscr{F}_2, \ldots,$ des filtres linéaires de gains $G_1, G_2, \ldots,$ et $Y_j(t)$ la transformée de $X(t)$ dans $\mathscr{F}_j$ ([3]).

THÉORÈME 1. — *Sous les hypothèses précédentes, on a*

$$\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{Y_1(t_1)}}\,\underset{(\varepsilon_2)}{\underline{Y_2(t_2)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{Y_K(t_K)}} \tag{2}$$
$$=\iint\cdots\int e^{2\pi i\{\varepsilon_1\nu_1 t_1+\ldots+\varepsilon_K\nu_K t_K\}}\,\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{G_1(\nu_1)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{G_K(\nu_K)}}\,\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{dx(\nu_1)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{dx(\nu_K)}},$$

où l'intégrale multiple représente une limite en moyenne quadratique.

COROLLAIRE A. — *On a*

$$\overline{\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{Y_1(t_1)}}\,\underset{(\varepsilon_2)}{\underline{Y_2(t_2)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{Y_K(t_K)}}} \tag{3}$$
$$=\iint\cdots\int e^{2\pi i\{\varepsilon_1\nu_1 t_1+\ldots+\varepsilon_K\nu_K t_K\}}\,\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{G_1(\nu_1)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{G_K(\nu_K)}}\,\overline{\underset{(\varepsilon_1)}{\underline{dx(\nu_1)}}\ldots\underset{(\varepsilon_K)}{\underline{dx(\nu_K)}}}.$$

COROLLAIRE B. — *La relation* (1) *reste valable si l'on définit l'intégrale du second membre non seulement comme limite en moyenne quadratique, mais comme limite en moyenne d'ordre quelconque.*

II. *Cas particulier.* — J'ai déjà indiqué certaines propriétés ([4]) des fonctions déduites de répartitions de Poisson conformément à

$$X(t)=\int_{\mathrm{mq}-\infty}^{+\infty} R(t-\theta)\,d\mathcal{N}(\theta) \quad \text{avec} \quad d\mathcal{N}(\theta)=dn(\theta)-\overline{dn(\theta)}, \tag{4}$$

où $dn(\theta)$ est le nombre de points compris entre θ et $\theta+d\theta$ dans une répartition de Poisson de densité uniforme ρ_0. Soit $r(\nu)$ la transformée de Fourier de R,

$$R(\theta)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{2\pi i\nu\theta}\,r(\nu)\,d\nu. \tag{5}$$

Sous certaines conditions de continuité et de convergence d'ailleurs peu restrictives imposées à R et r, les fonctions $X(t)$ conformes à (4) appartiennent à $\Phi_{(\infty)}$. Nous allons alors préciser les propriétés de la répartition des éléments

---

([2]) M. LOÈVE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 295 et 380.

([3]) A. BLANC-LAPIERRE et R. FORTET, *Comptes rendus* 222, 1946, p. 467 et 713.

([4]) A. BLANC-LAPIERRE, *Sur certaines fonctions aléatoires stationnaires. Application à l'étude des fluctuations dues à la structure électronique de l'électricité.* Thèse de Doctorat ès Sciences mathématiques, Paris, 1945.

différentiels.

$$(6)\qquad d\,m(\nu_1, \ldots, \nu_K) = \overline{\underset{(\varepsilon_1)}{d\,x(\nu_1)}\,\underset{(\varepsilon_2)}{d\,x(\nu_2)}\ldots \underset{(\varepsilon_K)}{d\,x(\nu_K)}}.$$

Fixons d'abord quelques notations. Soit $l_1, l_2, \ldots, l_n$ un système quelconque d'entiers positifs, de somme K, supérieurs ou égaux à 2. Groupons les variables ν en n groupes possédant respectivement $l_1, l_2, \ldots, l_n$ variables. Chaque variable peut être repérée par deux indices dont l'un $\alpha[\alpha = 1, 2, \ldots, n]$ caractérise le groupe et l'autre $\beta[\beta = 1, 2, \ldots, l_\alpha]$ individualise la variable dans le groupe α. A chaque ν_α^β est associé, dans (6), un ε_α^β. Les n relations

$$(7)\qquad \varphi_\alpha = \varepsilon_\alpha^1 \nu_\alpha^1 + \varepsilon_\alpha^2 \nu_\alpha^2 + \ldots + \varepsilon_\alpha^{l_\alpha} \nu_\alpha^{l_\alpha} = 0 \qquad [\alpha = 1, \ldots, n]$$

définissent une multiplicité à $K - n$ variables. Nous appellerons multiplicité $\mathcal{L}$ toute multiplicité qui peut être ainsi définie grâce à un groupement particulier quelconque des ν dans un système particulier quelconque des l. Soient $u_1, \ldots, u_{K-n}$, $K - n$ variables ν obtenues en prélevant dans chaque groupe tous les ν sauf un. La projection sur $u_1, u_2, \ldots, u_{K-n}$ d'un domaine de $\mathcal{L}$ a une extension indépendante des $K - n$ variables ν choisies. Nous pouvons alors associer à un élément de $\mathcal{L}$ une mesure $d\omega$ que nous représenterons par la notation suivante très suggestive et qui ne préjuge pas des variables choisies

$$(8)\qquad d\omega = \left|\frac{d(\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_K)}{d\varphi_1 \ldots d\varphi_n}\right| = |du_1 \ldots du_{K-n}|.$$

Théorème II. — 1° *L'élément dm est identiquement nul sur l'ensemble des points* $(\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_K)$ *situés hors de l'ensemble des multiplicités* $\mathcal{L}$.

2° *A l'intérieur d'une multiplicité* $\mathcal{L}$, *on a*

$$(9)\qquad dm(\nu_1, \ldots, \nu_K) = \rho_0^n \underset{(\varepsilon_1)}{r(\nu_1)} \ldots \underset{(\varepsilon_K)}{r(\nu_K)} \left|\frac{d(\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_K)}{d\varphi_1 \ldots d\varphi_n}\right|.$$

III. *Applications.* — Les considérations qui précèdent permettent le calcul des moments d'ordre quelconque et la détermination des spectres de fonctions du type $\underset{(\varepsilon_1)}{X(t+h_1)}.\underset{(\varepsilon_2)}{X(t+h_2)}\ldots \underset{(\varepsilon_K)}{X(t+h_K)}$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'équivalence asymptotique des lois.* Note (*) de M. Michel Loève, présentée par M. Émile Borel.

Le problème de l'équivalence asymptotique des lois, étudié ici, est une extension naturelle de celui des lois limites.

I. *Généralités.* — Toutes les fonctions $H(x)$, $F(x)$, $G(x)$ $(-\infty < x < +\infty)$ avec, s'il y a lieu, l'indice $n = 1, 2, \ldots$, ou le double indice $n, k = 1, 2, \ldots, n$, sont à variations totales bornées par une même constante; $h(t)$, $f(t)$, $g(t)$

(*) Séance du 29 novembre 1948.

$(-\infty < t < +\infty)$ avec les mêmes indices, s'il y en a, sont leurs transformées de Fourier-Stieljes. Les fonctions mutuellement *équivalentes* — qui coïncident, à une constante près, en tous leurs points de continuité — seront considérées comme un seul être mathématique dont la forme « normalisée » est $H(-\infty) = 0$, $H(x) = [H(x-0) + H(x+0)]/2$. *Les limites sont considérées pour $n \to \infty$ et à l'équivalence près.* La convergence $H_n(x) \to H(x)$ sera *simple*; elle sera *complète* et s'écrira $H_n(x) \xrightarrow{c} H(x)$ si, de plus, $H_n(+\infty) \to H(+\infty)$.

LEMME A. — 1. *Si $H_n(x) \to H(x)$ alors l'ensemble dérivé $\{h_n(t)\}'$ contient au plus un élément, défini presque partout.*

2. *Si $h_n(t)$ converge vers $k(t)$ presque partout, alors $H_n(x) \to H(x)$ et $h(t) = k(t)$ presque partout. Si de plus, $k(t)$ est continue à l'origine, $H_n(x) \xrightarrow{c} H(x)$.*

Dans le cas particulier des fonctions de répartition, la fin du lemme donne le théorème de continuité de P. Lévy, étendu à la convergence complète des lois *au sens large* (1) (dans cette Note on ne se bornera pas aux lois strictes).

$\mathcal{L}(X)$, $\mathcal{L}(Y)$ représentent les lois des variables aléatoires X, Y (avec indices s'il y a lieu), lois déterminées par les fonctions de répartition. $F(x)$, $G(x)$ ou les fonctions caractéristiques $f(t)$, $g(t)$. Ces lois seront asymptotiquement équivalentes, $\mathcal{L}(X_n) \sim \mathcal{L}(Y_n)$ si $F_n(x) - G_n(x) \to 0$ et l'équivalence asymptotique sera *complète*, $\mathcal{L}(X_n) \overset{c}{\sim} \mathcal{L}(Y_n)$ si $F_n(x) - G_n(x) \xrightarrow{c} 0$.

S'il y a équivalence asymptotique, les ensembles dérivés $\{\mathcal{L}(X_n)\}'$ et $\{\mathcal{L}(Y_n)\}'$, au sens des convergences correspondantes, *coïncident.*

Si $f_n(t) - g_n(t) \to 0$, alors $\mathcal{L}(X_n) \overset{c}{\sim} \mathcal{L}(Y_n)$.

II. *Équivalence asymptotique des lois de sommes.* — Soient

$$X_n = X_{n,1} + \ldots + X_{n,n},$$

$$Y_n = Y_{n,1} + \ldots + Y_{n,n} \quad \text{et} \quad Z_{n,k} = X_{n,1} + \ldots + X_{n,k-1} + Y_{n,k+1} + \ldots + Y_{n,n}.$$

Les expressions à double indice n, k et *accentuées* seront *liées* à z_{nk} et leur *sup* sera le supremum lorsque z_{nk} varie.

LEMME B. — *On a*

$$|f_n(t) - g_n(t)| \leq \sum_k \sup |f'_{nk}(t) - g'_{nk}(t)|.$$

Soient

$$a'_{n,k} = \int_{|x|<\varepsilon} x \, dF'_{n,k}(x), \qquad \sigma'^2_{n,k} = \int_{|x|<\varepsilon} (x - a'_{n,k})^2 \, dF'_{n,k}(x),$$

et $b'_{n,k}$, $\tau'^2_{n,k}$ les expressions correspondantes avec $G'_{n,k}(x)$.

---

(1) M. LOÈVE, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 628.

THÉORÈME. I. — $\mathcal{L}(X_n) \simeq \mathcal{L}(Y_n)$ *si, pour tout* $\varepsilon > 0$,

(1) $$\sum_k \sup \int_{|x| \geqq \varepsilon} |dF'_{n,k}(x) - dG'_{n,k}(x)| \to 0,$$

(2) $$\sum_k \sup |a'_{n,k} - b'_{n,k}| \to 0,$$

(3) $$\sum_k \sup |\sigma'^2_{n,k} - \tau'^2_{n,k}| \to 0$$

et

(4) $$\sum_k \sup \sigma'^2_{n,k} \leqq D.$$

Appliqué au problème des lois limites, ce théorème fournit des conditions suffisantes, qui sont *les meilleures* en ce sens que dans le cas particulier de l'indépendance elles sont également nécessaires, sous des restrictions naturelles [*voir*, par exemple ([2])], pour la tendance normale. Mais ce théorème ne le prouve pas et, pour y parvenir, il y a lieu d'introduire des lois indéfiniment divisibles *liées*.

THÉORÈME II. — *Si, pour tout* $\varepsilon > 0$, *on a*

(I) $$\max_k \sup P'_r(|X_{n,k}| > \varepsilon) \to 0,$$

(II) $$\sum_k \sup \sigma'^2_{n,k} \leqq D_1$$

(III) $\sum_k \sup \int_{|x| \geqq \varepsilon} dF_{n,k}(x) \leqq D_2$, *alors* $\mathcal{L}(X_n) \simeq \mathcal{L}(Y_n)$, *avec*

$$\log g'_{n,k}(t) = ia'_{n,k} t + \int \exp.[it(x - a'_{n,k})]\, dF'_{n,k}(x).$$

Dans le cas de l'indépendance et des lois strictes, la convergence de $\mathcal{L}(X_n)$ *ou* de $\mathcal{L}(Y_n)$ vers une loi limite entraîne (II) et l'on retrouve les conditions connues, *nécessaires et suffisantes*. Ainsi, l'étude de l'équivalence asymptotique *contient* la solution du problème le plus général des lois limites de sommes de variables aléatoires indépendantes. Les résultats de cette étude s'étendent aux variables aléatoires multidimensionnelles.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur certaines formules intégrales dans le mouvement d'un fluide.* Note de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

1. La comparaison, au même instant t, des vecteurs accélérations de deux particules fluides prises très voisines, met en relief, comme nous l'avons

---

([2]) M. Loève, *Journal de Math.*, 24, 1945, Ch. III, p. 291.

remarqué dans un travail antérieur (1), une nouvelle quadrique (à côté de celle des déformations)

$$(1)\qquad \bar{\varphi}(X, Y, Z) = \bar{\varepsilon}_1 X^2 + \bar{\varepsilon}_2 Y^2 + \bar{\varepsilon}_3 Z^2 + 2\bar{\gamma}_1 YZ + 2\bar{\gamma}_2 ZX + 2\bar{\gamma}_3 XY = \text{const.},$$

dont les coefficients ont déjà été calculés, en fonction de ceux de la quadrique des déformations, par Paul Appell (2). En prenant comme axes de référence à l'instant t, ceux de la dernière dite quadrique, on a

$$(2)\qquad \begin{cases} \bar{\varepsilon}_1 = \dfrac{d\varepsilon_1}{dt} + \varepsilon_1^2 - \eta^2 - \zeta^2, & \ldots, \\ \bar{\gamma}_1 = \eta\zeta, & \ldots. \end{cases}$$

On voit que, *si le mouvement du fluide est irrotationnel, les deux quadriques ont les mêmes axes.*

2. Considérons les invariants élémentaires de la quadrique (1)

$$(3)\qquad \begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{\varepsilon}_1 + \bar{\varepsilon}_2 + \bar{\varepsilon}_3, \\ \bar{I}_2 = \bar{\gamma}_1^2 + \bar{\gamma}_2^2 + \bar{\gamma}_3^2 - \bar{\varepsilon}_2\bar{\varepsilon}_3 - \bar{\varepsilon}_3\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_1\bar{\varepsilon}_2, \\ \bar{I}_3 = \bar{\varepsilon}_1\bar{\varepsilon}_2\bar{\varepsilon}_3 + 2\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2\bar{\gamma}_3 - \bar{\varepsilon}_1\bar{\gamma}_1^2 - \bar{\varepsilon}_2\bar{\gamma}_2^2 - \bar{\varepsilon}_3\bar{\gamma}_3^2, \end{cases}$$

auxquels il convient d'ajouter la grandeur du tourbillon de l'accélération

$$(4)\qquad \bar{\omega}^2 = \bar{\xi}^2 + \bar{\eta}^2 + \bar{\zeta}^2$$

et la fonction

$$(5)\qquad \bar{\varphi}(\bar{\xi}, \bar{\eta}, \bar{\zeta}) = \bar{\varepsilon}_1\bar{\xi}^2 + \bar{\varepsilon}_2\bar{\eta}^2 + \bar{\varepsilon}_3\bar{\zeta}^2 + 2\bar{\gamma}_1\bar{\eta}\bar{\zeta} + 2\bar{\gamma}_2\bar{\zeta}\bar{\xi} + 2\bar{\gamma}_3\bar{\xi}\bar{\eta},$$

qui ont aussi des valeurs indépendantes du choix des axes rectangulaires.

Cela posé, envisageons une surface fixe fermée Σ. Soit Σ'' la surface lieu des extrémités des vecteurs accélérations appliqués aux points $M(x, y, z)$ de Σ. Soient V_Σ et $V_{\Sigma''}$ les volumes limités par Σ et Σ'' et $V_{H'}$ le volume limité par la surface lieu des extrémités des vecteurs accélérations portés par équipollence à une même origine. On a

$$V_{\Sigma''} = \iiint_T \left[1 + \frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w'}{\partial z} + \frac{D(v', w')}{D(y, z)} + \frac{D(w', u')}{D(z, x)} + \frac{D(u', v')}{D(x, y)} + \frac{D(u', v', w')}{D(x, y, z)}\right] dx\, dy\, dz,$$

en désignant par T le domaine limité par Σ et (u', v', w') l'accélération au point M. En y introduisant les invariants (3), (4) et (5), il vient

$$(6)\qquad V_{\Sigma''} = V_\Sigma + V_{H'} + \iiint_T (\bar{I}_1 - \bar{I}_2 + \bar{\omega}^2)\, dx\, dy\, dz,$$

(1) *Bulletin de la Section scientifique de l'Académie Roumaine*, **29**, 1946, p. 207.

(2) *Journ. Math.*, 5e série, **9**, 1903, p. 5.

avec

$$V_{H'} = \iiint_T [\bar{I}_3 + \bar{\varphi}(\bar{\xi}, \bar{\eta}, \bar{\zeta})]\, dx\, dy\, dz, \tag{7}$$

qui se réduisent, dans le cas où il existe un potentiel pour les accélérations, à

$$V_{\Sigma''} = V_{\Sigma} + V_{H'} + \iiint_T (\bar{I}_1 - \bar{I}_2)\, dx\, dy\, dz, \tag{6'}$$

$$V_{H'} = \iiint_T \bar{I}_3\, dx\, dy\, dz. \tag{7'}$$

Ces formules sont à approcher avec celles données par M. Caïus Jacob ([3]), concernant une interprétation de l'équation de continuité.

Dans le cas particulier d'un mouvement rigide d'ensemble de la masse fluide, la quadrique (1) se réduit à un cylindre elliptique et les formules précédentes prennent des formes remarquablement simples ([4]).

AÉRODYNAMIQUE. — *Une méthode de calcul des vitesses à la surface d'un profil d'aile, en écoulement plan d'un fluide parfait incompressible.* Note de MM. **E. Fage** et **M. Vernet-Lozet**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode proposée est basée sur la transformation conforme du champ des vitesses autour d'un profil quelconque en celui autour d'un cercle, calculable théoriquement.

Ce problème a été résolu pratiquement pour la première fois par T. Theodorsen ([1]) qui calculait les vitesses autour du profil en déterminant au préalable la fonction de transformation. Cette détermination, longue et fastidieuse, n'est pas nécessaire. En effet, soient

$$\begin{cases} z = x + iy, \\ \zeta = \xi + i\eta, \end{cases} \tag{1}$$

les variables complexes dans les plans du cercle et du profil respectivement, et soient $F(z)$ et $F(\zeta)$ les potentiels des vitesses correspondants.

La vitesse complexe sur le profil est donnée par

$$\frac{dF}{d\zeta} = \frac{dF}{dz} : \frac{d\zeta}{dz}. \tag{2}$$

Or dF/dz, vitesse sur le cercle, est facilement calculable. Il suffit donc de déterminer $d\zeta/dz$ pour connaître la vitesse sur le profil.

([3]) *Bull. Math. Soc. Roumaine Sciences*, 46, (1-2), 1944, p. 81.

([4]) I. Cârstoiu, *loc. cit.*, ([1]), p. 83.

([1]) *Théorie des profils d'ailes arbitraires* (*N. A. C. A. T. R.*, 452).

Si V_c et V_p sont respectivement les modules des vitesses sur le cercle et sur le profil et si θ est l'angle de ces vitesses, l'équation (2) peut s'écrire

$$\frac{d\zeta}{dz} = \frac{v_c}{v_p} e^{i\theta}, \tag{3}$$

et en prenant le logarithme des deux membres

$$L\frac{d\zeta}{dz} = L\frac{v_c}{v_p} + i\theta, \tag{4}$$

F(z) et F(ζ) étant des fonctions analytiques, il en est de même des fonctions

$$\frac{dF}{dz}, \quad \frac{dF}{d\zeta}, \quad \frac{d\zeta}{dz} \quad \text{et} \quad L\frac{d\zeta}{dz}.$$

Il s'ensuit que $L(v_c/v_p)$ et θ sont des fonctions harmoniques conjuguées. Si l'on suppose que θ, angle des vitesses, c'est-à-dire angle des tangentes au cercle et au profil en deux points homologues, est connu en fonction de l'argument φ du point sur le cercle, $L(v_c/v_p)$ est donné par la relation de Poisson,

$$L\frac{V_c}{V_p} = -\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \theta(\varphi) \operatorname{cotg} \frac{\varphi - \varphi'}{2} d\varphi', \tag{5}$$

dont la résolution numérique est maintenant aisée ([2]).

Si l'on suppose connu *a priori* le point du profil correspondant à un point donné sur le cercle, on a donc très rapidement la vitesse cherchée V_p.

Il se trouve qu'il est toujours possible de connaître cette correspondance avec une précision suffisante, l'argument φ lié à une abscisse donnée du profil variant peu d'un profil à un autre.

D'autre part, les écoulements à l'infini devant être identiques, il est clair que le profil est à la portance nulle, si le cercle s'y trouve. Dans le cas général, le profil donné sera défini par rapport à une corde de référence et la direction de portance nulle sera inconnue. On ne pourra ainsi mesurer ou calculer non pas $\theta(\varphi)$ mais $\alpha(\varphi) = \theta(\varphi) + \beta$, d'où l'on déduira β par la condition

$$\int_0^{2\pi} \theta(\varphi)\, d\varphi = \int_0^{2\pi} [\alpha(\varphi) - \beta]\, d\varphi = 0 \tag{6}$$

et par suite $\theta(\varphi)$

$$\theta(\varphi) = \alpha(\varphi) - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \alpha(\varphi)\, d\varphi. \tag{7}$$

En pratique il sera avantageux d'opérer non pas avec θ tel qu'il est défini plus haut, mais avec θ', écart angulaire entre les vitesses sur le profil considéré

(2) *Voir* en particulier, P. Germain, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 765.

et les vitesses sur un profil théorique choisi notamment par la condition d'égalité des angles de bord de fuite.

La mise en application de cette méthode ne demande, pour une précision égale à celle des méthodes dérivées du Mémoire de Th. Theodorsen, qu'un temps réduit qui est de l'ordre du cinquième ou du dixième de celui exigé par celles-ci.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le calcul théorique de l'intensité des raies dans les spectres stellaires*. Note de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

1. Le problème du calcul théorique de l'intensité des raies stellaires faibles a été résolu par Unsöld ([1]) et Minnaert ([2]) grâce à l'introduction des *fonctions de poids* calculées une fois pour toutes pour une étoile déterminée. L'objet de cette Note est une généralisation de la méthode de Minnaert à des raies quelconques.

2. Avec les notations classiques, l'équation monochromatique de transfert s'écrit

$$\cos\theta \frac{dI_\nu}{\rho\, dx} = (\varkappa + \varkappa_\nu + \sigma_\nu) I_\nu - (\varkappa + \eta \varkappa_\nu) B_\nu - \sigma_\nu \bar{I}_\nu. \tag{1}$$

Nous définirons les quantités τ, τ_ν, s_ν par les relations

$$d\tau = \varkappa\rho\, dx, \qquad d\tau_\nu = \varkappa_\nu \rho\, dx, \qquad ds_\nu = \sigma_\nu \rho\, dx.$$

Sans aucune approximation, cette équation (1) est équivalente à l'équation (2)

$$\frac{I_{cont} - I_\nu}{I_{cont}} = \int_0^\infty g_1(\tau, \theta)\, e^{-(\tau_\nu + s_\nu)\sec\theta} \frac{\varkappa_\nu}{\varkappa}\, d\tau + \int_0^\infty g_2(\tau, \theta)\, e^{-(\tau_\nu + s_\nu)\sec\theta} \frac{\sigma_\nu}{\varkappa}\, d\tau, \tag{2}$$

où $g_1(\tau, \theta)$ et $g_2(\tau, \theta)$ sont les *mêmes fonctions* que celles qu'a introduites Minnaert et qui ont été tabulées dans le cas solaire ([2]), ([3]).

Remarquons que, si l'on suppose τ_ν et s_ν assez petits pour qu'il soit possible de remplacer dans (2) l'exponentielle par l'unité, on obtient précisément la formule d'Unsöld-Minnaert.

La grandeur intéressante est, dans le cas solaire, la largeur équivalente en un point du disque

$$W(\theta) = \int \frac{I_{cont} - I_\nu}{I_{cont}}\, d\lambda$$

(l'intégration étant étendue à la largeur de la raie). Nous calculerons $W(\theta)$ dans le cas de l'absorption *pure ou* de la diffusion *pure*. La difficulté du calcul

---

([1]) *Phys. d. Sternatm.*, **12**, § **67**; **8**, § **44**, Berlin.

([2]) *Z. f. Astrophys.*, **12**, 1936, p. 313; *B. A. N.*, **10**, 1948, p. 339, 399.

([3]) J. C. Pecker, *B. A. N.* (sous presse).

vient de l'impossibilité d'intervertir en toute rigueur l'ordre des intégrations par rapport à τ et λ. On a

$$(3)\quad W(\theta)=\int_0^\infty g(\tau,\theta)\,b(\tau)\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\frac{\sec^n\theta}{n!}\left[\int_\lambda k_\lambda(\tau)\left(\int_0^\tau k_\lambda(t)\,b(t)\,dt\right)^n d\lambda\right]d\tau,$$

où $k_\lambda(\tau)$ est le coefficient d'absorption *atomique* dans la raie; et où :

$$b(\tau)=\frac{A_m n(\tau)}{k(\tau)},$$

où A_m est le rapport du nombre d'atomes de métal au nombre d'atomes d'hydrogène neutre; $k(\tau)$ le coefficient d'absorption continu par atome d'hydrogène neutre; $n(\tau)$ la fraction des atomes du métal responsable de la formation de la raie considérée.

Or, on connaît l'expression [où les notations sont classiques (1)]

$$(4)\quad k_\lambda(\tau)=k_0(\tau)[h_0(v)+ah_1(v)+\ldots]$$
$$=K\left[\frac{c}{\nu_0}\sqrt{\frac{\mu m_0}{2\pi k T(\tau)}}\right]\left[e^{-v^2}-\frac{a}{\sqrt{\pi}}[1-2vF(v)]+\ldots\right]$$

avec

$$K=\frac{\pi e^2}{mc}f,\qquad v=\left(\frac{\nu-\nu_0}{\nu_0}\right)c\sqrt{\frac{\mu m_0}{2kT(\tau)}},\qquad F(v)=e^{-v^2}\int_0^v e^{+t^2}\,dt.$$

l'expression de $W(\theta)$ peut s'obtenir après d'assez longs calculs

$$(5)\quad W(\theta)=W_0(\theta)-W_1(\theta)+\sum_{n=2}^{\infty}W_n(\theta),$$

où

$$W_0(\theta)=K\int_0^\infty g(\tau,\theta)\,b(\tau)\,d\tau\quad\text{(formule d'Unsöld-Minnaert)},$$

$$W_1(\theta)=\frac{K^2c}{\lambda_0}\sqrt{\frac{\mu m_0}{2\pi k}}\int_0^\infty g(\tau,\theta)\,b(\tau)\sec\theta$$
$$\times\left[\int_0^\tau b(t)\left[\frac{1}{\sqrt{T(\tau)+T(t)}}-\frac{a}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{T(t)}{T(\tau)}}\,\frac{\sqrt{T(t)}+\sqrt{T(\tau)}}{T(t)+T(\tau)}\right]dt\right]d\tau,$$

$$\sum_{n=2}W_n(\theta)=K\frac{c}{\lambda_0^2}\int_0^\infty g(\tau,\theta)\,b(\tau)[\psi_0(x)+a\psi_1(x)+\ldots]\,d\tau,$$

avec

$$(6)\quad \psi_0(x)=\sum_{n=2}^{\infty}(-1)^n\frac{\omega x^n}{n!\sqrt{n+\omega^2}},$$

$$(7)\quad \psi_1(x)=\sum_{n=2}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{\omega x^n}{n!(n+\omega^2)\sqrt{\pi}}\left[n\sqrt{n+\omega^2-1}+\frac{1}{\sqrt{n}}(n+\omega^2-1)\right],$$

$$(8)\quad x=\sec\theta\,\frac{c}{\nu_0}\sqrt{\frac{\mu m_0}{2\pi k}}\,K\int_0^\tau\frac{b(t)}{\sqrt{T(t)}}\,dt,$$

$$(9)\quad \omega\int_0^\tau\frac{b(t)\,dt}{\sqrt{T(t)}}=\frac{1}{\sqrt{T(t)}}\int_0^\tau b(t)\,dt\qquad(0,6<\omega<1).$$

Les expressions $\psi_0(x)$ et $\psi_1(x)$ sont calculables aisément. On pourrait aussi calculer $\psi_j(x)$ dans les cas très rares où cela pourrait être utile.

$W_0(\theta)$ et $W_1(\theta)$, qui jouent seules un rôle dans le cas des raies faibles et moyennes, sont des expressions *exactes*; $\Sigma W_n(\theta)$ est une expression approchée, mais nous montrerons dans une étude complète que l'approximation est très bonne [elle vient uniquement de l'expression (9) de ω dont $W(\theta)$ dépend assez peu].

4. Dans le cas des étoiles, il faudrait calculer

$$W = \int \left[\frac{(F_{\text{cont}} - F_\lambda)}{F_{\text{cont}}}\right] \alpha\lambda.$$

Mais la transformation qui nous permettrait de passer de (1) à (2) utilisait la propriété fondamentale des exponentielles, que ne possèdent pas les fonctions intégro-exponentielles qui interviennent dans l'expression du flux F.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la vie moyenne des mésons π et la capture des mésons μ par les noyaux.* Note de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les résultats récents des expériences de Berkeley semblent prouver : 1° que seuls les mésons π sont produits *directement* au point d'impact des particules α accélérées; 2° que les mésons π se tranforment en mésons μ avec une vie moyenne très brève, probablement de l'ordre de 10^{-8} sec. On sait par ailleurs que lors de cette transformation, une seule particule non ionisante est émise, à laquelle le rapport des masses $r = m_\mu/m_\pi \cong 1/1,32$ permet de supposer une masse évanouissante. Dans ces conditions il est tout indiqué de considérer le méson π comme responsable des forces nucléaires et de lui attribuer en conséquence un spin entier. On peut alors, *pour expliquer la faible probabilité de capture des mésons μ négatifs par les noyaux* ([1]), voir dans cette capture un processus du second ordre dont le schéma serait par exemple $\mu^- \to \pi^- + \nu$; $\pi^- + P \to N$ (S), ce qui implique que l'on attribue au méson μ le spin $1/2$ ([2]).

Nous allons chercher si, compte tenu des résultats expérimentaux dont on dispose, ces hypothèses donnent des résultats cohérents entre eux ([3]).

Vie moyenne du méson π ([4]). — Dans les hypothèses où nous nous plaçons, la désintégration $\pi \to \mu + \nu$ rappelle la désintégration β bien connue du méson

([1]) Les expériences de Conversi Pancini et Piccioni indiquent $\tau_c \sim 10^{-6}$ pour les absorbants légers.

([2]) Des considérations dues à Nordheim (*Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 555) semblent favoriser légèrement cette hypothèse.

([3]) *Cf.* avec des hypothèses différentes Bethe et Marshak (*Phys, Rev.*, **72**, 1947, p. 506).

([4]) Prentki et Marty, *J. de Phys. et le Radium*, fasc. 4, 1948.

nucléaire. Le calcul donne, pour la vie moyenne τ_π,

$$(1)\quad \begin{cases} \text{méson scalaire} & \dfrac{1}{\tau_\pi} = \dfrac{m_\pi c}{\hbar^2} G^2(1-r^2), \\ \quad \text{» pseudoscalaire} & \dfrac{1}{\tau_\pi} = \dfrac{m_\pi c}{\hbar^2} (G + rF)^2 (1-r^2), \\ \quad \text{» vectoriel} & \dfrac{1}{\tau_\pi} = \dfrac{m_\pi c}{3\hbar^2} (2G^2 + F^2)(1-r^2), \end{cases}$$

les G, F étant ici de nouvelles constantes analogues aux constantes bien connues de la théorie du méson ([5]). Ces expressions ont la même forme que les expressions correspondantes relatives à la vie moyenne de désintégration β ([6]), au facteur près $(1-r^2)^2$ dont l'apparition est due au fait que, dans le cas actuel, on doit tenir compte exactement de la valeur de r. $(1-r^2)^2(1+r^2)$ apparaît dans l'expression de la densité des états d'énergie totale W, $[4\pi p^2/(2\pi\hbar)^3](dp/dw)$, où p est l'impulsion en valeur absolue commune à μ et à ν; $1/(1+r^2)$ provient de la sommation sur les états de spin.

Capture des mésons μ négatifs par les noyaux. — On sait que le temps mis par un méson négatif pour atteindre son orbite K autour d'un noyau est très faible, de l'ordre de 10^{-13} sec. dans les solides ([7]), c'est-à-dire négligeable devant la durée totale de capture telle que l'indique l'expérience ([1]) : c'est donc la vie moyenne de capture nucléaire d'un méson μ^- déjà capturé sur l'orbite K correspondant à sa masse que nous devons étudier. Le schéma (S) montre d'ailleurs que ce phénomène est semblable à celui de la capture K ordinaire où l'on suppose que l'interaction entre nucléon et particules légères s'effectue par l'intermédiaire d'un champ mésonique.

Ici aussi le calcul effectué sur ce schéma amène à introduire une constante $g_F = (4\pi g G/k_0^2)$ (2) analogue à la constante de Fermi [k_0^{-1} rayon des forces nucléaires, g constante d'interaction entre méson π et nucléon ([4])]. On obtient alors, exactement comme pour le phénomène de la capture K ([8]), l'expression de la probabilité de capture par unité de temps

$$(3)\qquad \frac{1}{\tau_c} = \frac{4\pi^2}{(2\pi)^3\hbar^4 c^3} g_F^2 |M|^2 \Psi^* \Psi W_\nu^2,$$

$|M|$ étant l'élément de matrice de Fermi qui pour les transitions permises est ~ 1, Ψ la fonction d'onde du méson sur l'orbite K, W_ν l'énergie du neutrino émis lors de la transformation $\pi \rightarrow \mu$.

Compatibilité des résultats. — Compte tenu de (2), l'élimination entre (1) et (3) de l'inconnue G^2 permet d'évaluer l'ordre de grandeur du rapport $[(1/\tau_c)/(1/\tau_\pi)]$.

([5]) G, F, g, exprimés en c. g. s. u. e. s. et non en unités de Heaviside.

([6]) *Cf.* BETHE et NORDHEIM, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 988; L. DE BROGLIE, *De la Mécanique Ondulatoire à la Théorie du Noyau*, II, p. 118.

([7]) FERMI et TELLER, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 399; FERETTI, *Nuovo Cimento*, 1er août 1948.

([8]) *Cf.* MOLLER, *Phys. Zt. Sowj.*, 11, 1937, p. 9.

Si l'on admet que le neutrino émis emporte la quasi-totalité de l'énergie $m_\mu c^2$ disponible, on obtient

$$\frac{\frac{1}{\tau_c}}{\frac{1}{\tau_\pi}} \sim 8\pi \frac{g^2}{\hbar c} |M|^2 \left(\frac{\hbar}{m_\pi c}\right)^3 \Psi^\star \Psi r^2 \frac{1}{(1-r^2)^2}.$$

La quantité $(\hbar/m_\pi c)^3 \Psi^\star \Psi$ croît avec le nombre atomique de l'élément absorbant; pour $Z = 11$ [9], on obtient en définitive

$$\frac{\frac{1}{\tau_\pi}}{\frac{1}{\tau_c}\text{totale}} = \frac{\text{vie moyenne du méson } \pi}{\text{vie moyenne de capture du méson } \mu} \sim \frac{1}{100},$$

résultat qui est bien de l'ordre de grandeur des données expérimentales actuelles.

Bien entendu lorsque Z croît, le rapport précédent augmente, de telle sorte que pour les éléments lourds tous les μ négatifs sont captés.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductibilité électrique du sesquioxyde de chrome aux températures peu élevées.* Note de M. **Jean Jaffray** et Mlle **Marie-Françoise Beaufort**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le sesquioxyde de chrome Cr_2O_3, amorphe ou cristallisé, comprimé entre deux électrodes métalliques dans un tube isolant hermétiquement clos, possède, aux environs de la température ordinaire, une conductibilité électrique non négligeable.

1. Quand, à température constante, on établit une tension E aux bornes de la résistance, on observe une diminution initialement très rapide de l'intensité du courant. Le courant finit par atteindre une valeur permanente au bout d'un temps plus ou moins long (d'autant plus court que la température est plus élevée). Cette diminution du courant met en évidence des phénomènes de polarisation complexes qui ont été étudiés en détail et seront décrits ailleurs. C'est l'intensité limite I_∞ qui a été prise comme mesure de la conductivité de l'oxyde et non l'intensité initiale I_0 difficile à atteindre.

Il est remarquable que I_∞ obéisse à une loi simple quand on fait varier E, à température constante. Avec une résistance fraîchement préparée et des électrodes propres, le rapport E/I_∞ reste constant à 1 % près au moins, jusqu'à 120 volts; cette constante est appelée résistance limite : R_∞. Quand la résistance est vieille, la courbe $E(I_\infty)$ est encore une droite, mais elle ne passe plus par l'origine : une f. c. é. m. de l'ordre du volt se manifeste dans le circuit, sans modifier beaucoup la valeur de R_∞.

---

(9) Élément de transition pour lequel la vie moyenne de capture est $\sim 10^{-6}$ sec.

Cette résistance limite est d'ailleurs considérable; on en a déduit pour la conductivité limite σ_∞ des valeurs comprises entre 10^{-9} et 10^{-8} ohm^{-1} cm^{-1}, à la température ordinaire, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que pour certains semi-conducteurs.

II. Quand la température croît, la conductibilité électrique σ_∞ croît très rapidement. Les mesures ont été faites entre des températures voisines de 0° et de 100°. La courbe obtenue en portant en abscisses $1/\Theta$ (Θ température absolue) et en ordonnées $\log \sigma_\infty$ est une droite de pente négative, au moins quand la température n'est pas trop élevée. La loi de variation peut donc être mise sous la forme $\sigma_\infty = Ae^{-\Delta E/K\Theta}$, qui convient souvent pour les semi-conducteurs. Les valeurs de ΔE, exprimées en électron-volt (par analogie avec les semi-conducteurs), ont été trouvées remarquablement constantes pour le sesquioxyde cristallisé : 0,51 et variables suivant les expériences entre 0,46 et 0,60 pour l'oxyde amorphe. Le nombre A varie généralement d'une mesure à l'autre.

A une température plus ou moins élevée, la droite précédente s'arrête brusquement et est remplacée par une autre droite de pente plus faible en valeur absolue. La température à laquelle cette anomalie se produit varie beaucoup d'une expérience à l'autre et est comprise entre 35° et 90°. Les valeurs de ΔE correspondant à cette seconde droite sont 0,25 électron-volt pour l'oxyde cristallisé et 0,27 en moyenne pour l'oxyde amorphe, c'est-à-dire à peu près la moitié des valeurs obtenues à température plus basse. Il est remarquable que des anomalies de même caractère aient été remarquées sur quelques semi-conducteurs comme le sulfure stanneux ([1]) et l'oxyde cuivreux ([2]).

Ces mesures avaient été faites initialement pour rechercher une anomalie éventuelle de la conductibilité de Cr_2O_3 vers 33° où existent déjà des anomalies de chaleur spécifique et de dilatation ([3]); elles ont donné, à ce point de vue, un résultat négatif. Dans la majorité des cas, on ne remarque rien d'anormal vers 33°.

III. La conductibilité électrique de Cr_2O_3 semble avoir comme origine principale l'eau adsorbée au contact de l'atmosphère.

En effet, l'oxyde desséché dans le vide à la température ordinaire voit sa conductivité diminuer considérablement et devenir plusieurs centaines de fois plus petites. Une conductivité notable reparaît quand on met l'oxyde desséché au contact d'un gaz quelconque (air, oxygène, gaz d'éclairage) à condition qu'il renferme un peu de vapeur d'eau. Quand on opère à températures croissantes avec un montage non étanche, les variations de la conductivité ont

---

([1]) ANDERSON et MORTON, *Proc. Roy. Soc.*, A, **134**, 1945, p. 83.
([2]) VOGT, *Ann. Physik*, 7, 1930, p. 183.
([3]) JAFFRAY et VILOTEAU, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1701.

une tout autre allure : on observe un maximum suivi d'une chute rapide, correspondant au départ de l'eau adsorbée. Enfin, les variations considérables de conductivité que l'on observe à la température ordinaire s'interprètent facilement par les différences dans les masses d'eau adsorbées suivant l'état hygrométrique.

MAGNÉTISME. — *Vérification de la théorie de Néel pour le champ coercitif des ferronickels en poudre fine.* Note (*) de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

L. Néel a montré ([1]) que le champ coercitif moyen d'un grain de poudre ferromagnétique en forme d'ellipsoïde de révolution, orienté au hasard, suffisamment petit pour ne former qu'un seul domaine élémentaire, était $H_c = 0,48\,(M - N)\mathcal{I}$, si M et N sont les coefficients de champ démagnétisant suivant le petit et le grand axe respectivement et $\mathcal{I}$ l'aimantation à saturation. Pour une poudre, formée de grains assimilables à des ellipsoïdes d'excentricités e diverses, le champ coercitif prend une valeur moyenne, fonction de la répartition des e, de forme générale $H_c = \mathcal{I} f(e)$. Dans le cas particulier où la répartition en volume est linéaire en fonction de M — N, Néel obtient $f(e) = 0,26\,\pi$.

Il paraît impossible, à priori, de réaliser exactement la répartition envisagée par Néel; mais on peut espérer obtenir pour toute une série de substances *la même répartition.*

Nous nous sommes adressé aux ferronickels compris entre 50 et 90 % de nickel : on sait en effet que les permalloys se trouvent dans cet intervalle de concentrations et que les constantes d'anisotropie de tous ces alliages ([2]) sont très faibles; la contribution de l'anisotropie magnétique au champ coercitif ([3]) est donc négligeable. Nous avons préparé quatre oxalates mixtes de diverses teneurs par précipitation dans des conditions identiques. Nous les avons décomposés et réduits dans l'hydrogène à la même température et dans le même temps. En s'inspirant des règles de correspondances de Tamann, Hüttig ([4]), ..., on peut penser que tous ces alliages ayant sensiblement même point de fusion, les poudres obtenues sont identiques au point de vue finesse et forme des grains. Autrement dit, si l'on assimile chaque grain à un ellipsoïde, la répartition des excentricités est la même et $f(e)$ doit prendre la même valeur pour tous les quatre.

La théorie de Néel n'est valable que pour une poudre infiniment diluée.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1550.

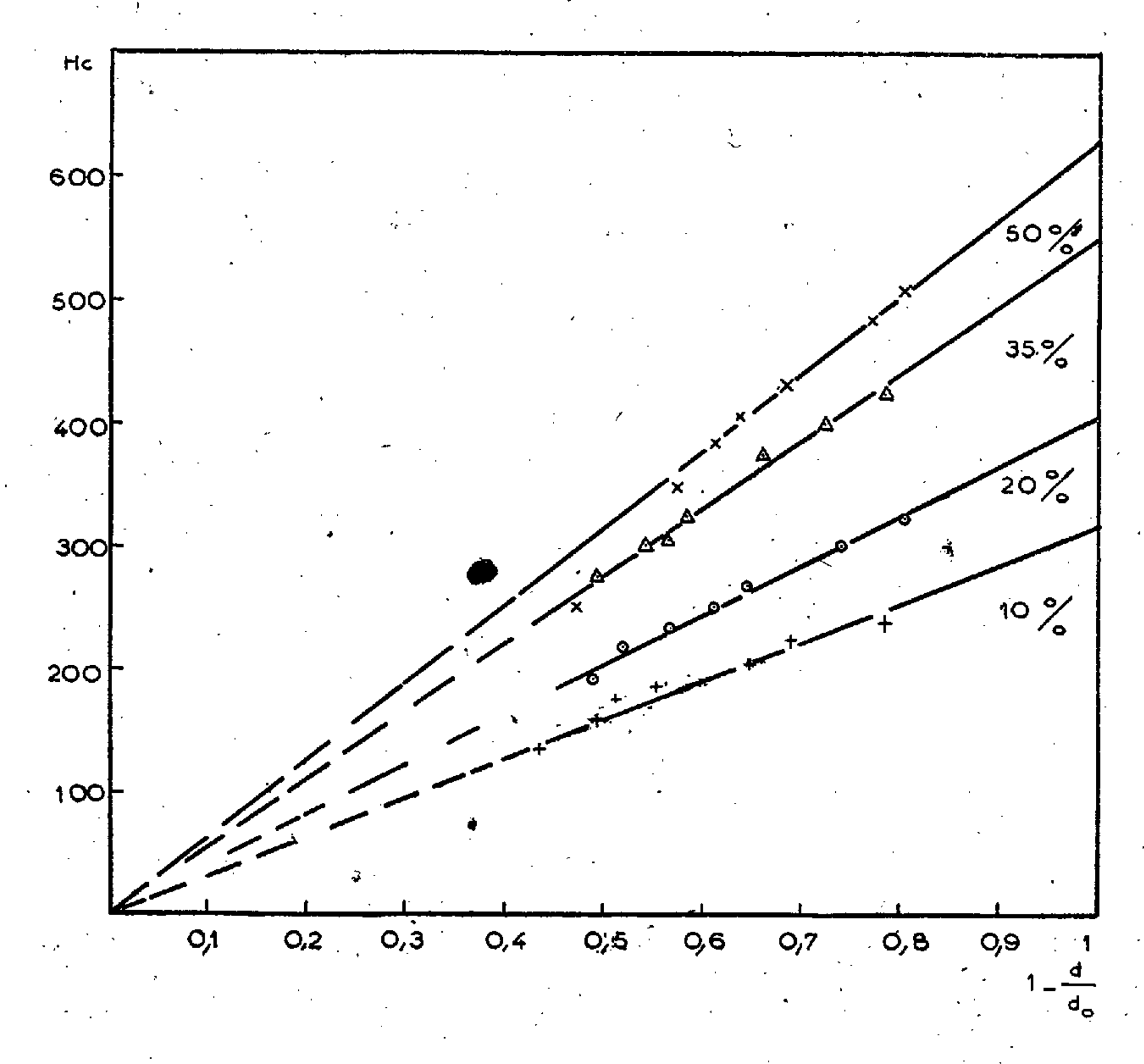
([2]) J. D. Kleis, *Phys. Rev.*, **50**, 1936, p. 1178.

([3]) L. Néel, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1488.

([4]) *Archiv f. Metallkunde*, **2**, 1949, p. 93.

On peut obtenir le champ coercitif limite par une extrapolation en effectuant les mesures sur une série d'agglomérés confectionnés à des taux allant de 0,5 à 6 tonnes par centimètre carré. Comme le prévoit la théorie, et comme nous avons déjà eu l'occasion de le vérifier ([5]), H_c varie linéairement, avec une bonne approximation dans beaucoup de cas, en fonction de $1-d/d_0$, où l'on désigne par d la masse de ferromagnétique par centimètre cube de l'aggloméré et par d_0 la masse spécifique du ferromagnétique massif.

Nous avons mesuré sur chacun des quatre échantillons l'aimantation à saturation dans un champ de 2000 gauss, après un frittage à 1000° dans l'hydrogène : les cavités restant dans le métal sont alors très réduites et l'on peut espérer une loi d'approche favorable ([6]). Les valeurs mesurées sont en effet très voisines de celles qu'on a déterminées avec précision pour les mêmes compositions (écarts de moins de 1,5 %) nominales.



Le tableau ci-contre, donne les valeurs de H_c limite pour une dilution infinie, à 13°C., obtenues sur la figure ci-dessus les valeurs de $\mathfrak{J}$ et la valeur de $H_c/\mathfrak{J}$ calculée. Cette valeur est en moyenne de 0,49 au lieu de $0,26\pi$. La proportion d'ellipsoïdes très allongés doit donc être plus faible que

([6]) L. Néel, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 738.

([5]) L. Weil, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 229.

ne l'admettait le calcul de M. Néel. Mais le fait fondamental, c'est-à-dire que le champ coercitif de poudres très fines *sans anisotropie magnétique notable* est proportionnel à $\mathcal{J}$, peut être considéré comme établi.

Concentration atomique nominale en fer	10%	20%	35%	50%
H_c limite	318	406	550	630
Aimantation	652	847	1090	1270
$\frac{H_c}{\mathcal{J}}$	0,49	0,48	0,50	0,50

ÉLECTRONIQUE. — *Spectre lumineux des cathodes à oxydes en fonctionnement.* Note (*) de MM. **Jean Debiesse** et **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé la corrélation qui existe entre l'émission électronique et l'émission lumineuse. Les raies obtenues se classent en deux groupes :

A. *Raies intenses.*

		Potentiel d'excitation (volts).	Niveaux.
Ba I	5535,5	2,23	$6^1S_0 - 6^1P_1^0$
Hα	4861,3	2,47	2P — 4D
Sr I	4607,3	2,68	$5^1S_0 - 5^1P_1$
Hβ	4340,4	2,76	2P — 5D

B. *Raies faibles.*

Sr I	4962,2	2,52	$5^1S_0 - 5^1D_2$ (?)
Ba II	4934,1	2,5	$6^1S_{1/2} - 6^2P^0_{1/2}$
Ba II	4554	2,8	$6^2S_{1/2} - 6^2P^0_{1\,1/2}$

Les énergies d'excitation maxima sont exceptionnellement supérieures à 7,97 V (Ba II : 5,17 V + 2,8 V) et inférieures à 10,98 V (Sr II).

Les énergies moyennes d'excitation sont comprises entre 2,23 V et 2,8 V.

Les atomes générateurs de lumière sont localisés sur la cathode elle-même ([2]).

En portant la cathode à des températures de plus en plus élevées, nous avons obtenu des raies de plus en plus intenses.

Après mille heures de débit (50 mA) les spectres des cathodes ne comportent plus aucune raie, alors que les tubes présentent les mêmes caractéristiques électroniques.

Par chauffage préalable de la cathode sous le vide, nous avons fait disparaître les raies Hα et Hβ.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) Jean Debiesse et Robert Champeix, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1517.

([2]) A. Gehrts, *Naturwissenshaften*, **30**, 1932, p. 9.

Espérant trouver d'autres raies, nous avons soumis les cathodes de nos tubes :

1° *à une excitation par impulsions* (fréquence 10, tension 1500 V, courant moyen 22 mA).

Alors qu'en régime normal avec un débit de 22 mA, il n'apparaît aucune raie, en impulsion le spectre présente les raies :

		Niveaux.
Ba I	5535	
Hα	4861,3	
Ba I	4636,6 *raie nouvelle*	5^3D_2-6^3D_2
Sr I	4607,3	
Hβ	4340,4	

La même excitation par impulsions fait d'ailleurs apparaître faiblement : les raies de H avec les cathodes traitées sous vide, les raies habituelles avec les cathodes épuisées 1000 H.

2° *à un fonctionnement en magnétron* (Ia = 45 mA).

Il apparaît alors fortement les raies Ba I 5535, Sr I 4607 alors que ces mêmes raies sont presque invisibles si l'on supprime le champ magnétique.

Remarque I. — On sait qu'il y a variation de l'intensité relative des raies d'arc et d'étincelle en fonction de la pression résiduelle ([3]). Il nous est possible d'étudier la pression relative dans les tubes et de classer ceux-ci.

Remarque II. — Avec les tubes mal vidés, l'analyse spectroscopique de la lueur fait apparaître les têtes de bandes suivantes :

CN.	N_2 (2P).	N_2.
4216	–	–
–	4269 (1-5)	–
–	4574 (1-6)	–
–	4649 (4-10)	–
–	4666 (0-5)	–
–	–	4709
–	4723 (3-9)	–
4935	–	–

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les propriétés du réseau maillé général de structure symétrique*. Note (*) de M. **Gilbert Nasse**, présentée par M. Louis de Broglie.

On désigne par *réseau maillé général de structure symétrique* un réseau satisfaisant aux conditions suivantes :

1° il possède deux groupes de $n+1$ bornes; 2° il contient $m \times n$ mailles indépendantes et constitue l'extension dans un système à *n phases* d'un réseau à

([3]) Louis Herman et Renée Herman, *Comptes rendus*, 226, p. 654, 1948.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

m mailles géométriques indépendantes; 3° il possède une symétrie de structure telle qu'une permutation circulaire des tensions appliquées à ses bornes entraîne la même permutation circulaire des courants entrant par ses bornes.

Chaque grandeur, tension ou courant, est repérée par un double indice, ${}^iu_k\,{}^ji_l$. i, j étant des indices de maille, k, l des indices de *phase*.

Les tensions appliquées aux deux groupes de $(n+1)$ bornes sont repérées : ${}^1u_k$ entre la borne k et la borne $n+1$ du premier groupe; $-{}^2u_l$ entre la borne l et la borne $n+1$ du second groupe.

Le système d'équations représentant le comportement du réseau s'écrit

$$(1)\qquad {}^{ij}\mathrm{R}_{kl}\,{}^ji_l + {}^{ij}\mathrm{L}_{kl}\frac{d}{dt}({}^ji_l) + \frac{1}{{}^{ij}c_{kl}}\int_0^t {}^ji_l\,dt = {}^iu_k.$$

La transformation de Laplace ramène ce système au système algébrique suivant

$$(2)\qquad {}^{ij}\mathrm{Z}_{kl}(p)\,\mathrm{T}({}^ji_l) = \mathrm{T}({}^iu_k) + {}^{ij}\mathrm{L}_{kl}\,{}^ji_{0l} - \frac{1}{p}\,{}^{ij}\mathrm{A}_{kl}\,{}^jq_{0l},$$

les i_0 et q_0 représentant les valeurs initiales des courants et des charges.

Considérons les transformées des courants et des tensions d'une même maille i comme les composantes du vecteur transformé des courants ${}^i\mathcal{Y}$ et du vecteur transformé des tensions ${}^i\mathcal{V}$.

Le système 2 peut s'écrire sous forme matricielle

$$(3)\qquad {}^{ij}\mathrm{Z}\,{}^j\mathrm{J} = {}^i\mathrm{V} + {}^{ij}\mathrm{L}\,{}^j\mathrm{I}_0 - \frac{1}{p}\,{}^{ij}\mathrm{A}\,{}^jq_0.$$

${}^j\mathrm{J}$ et ${}^i\mathrm{V}$ représentant les vecteurs ${}^j\mathcal{Y}$ et ${}^i\mathcal{V}$ dans le système de coordonnées utilisé.

Chacune des m^2 matrices ${}^{ij}\mathrm{Z}$, ${}^{ij}\mathrm{L}$, ${}^{ij}\mathrm{A}$ est formée de n éléments distincts et leurs différentes lignes se déduisent les unes des autres par permutation circulaire. De ce fait, elles admettent les mêmes vecteurs solution propre et la même transformation linéaire les ramène à la forme diagonale.

Soit

$$\mathrm{S} = \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 1 & \ldots & 1 \\ 1 & a^{n+1} & a^{2(n-1)} & \ldots & a^{(n-1)^2} \\ \cdot & \cdots\cdot & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ 1 & a & a^2 & \ldots & a^{n-1} \end{Vmatrix}.$$

la matrice de cette transformation.

Introduisons les transformées symétriques des courants et des tensions en posant

$${}^j\mathrm{J} = \mathrm{S}\,{}^j\bar{\mathrm{J}},\qquad {}^i\mathrm{V} = \mathrm{S}\,{}^i\bar{\mathrm{V}},\qquad {}^j\mathrm{I}_0 = \mathrm{S}\,{}^j\bar{\mathrm{I}}_0,\qquad {}^jq_0 = \mathrm{S}\,{}^j\bar{q}_0,$$

les m^2 matrices ${}^{ij}\mathrm{Z}$ se transforment en m^2 matrices diagonales et il en est de

même pour les matrices ${}^{ij}L$ et ${}^{ij}A$. La relation matricielle (3) est alors remplacée par les n relations suivantes :

$$(4)\qquad \begin{aligned} {}^{ij}\bar{z}_K\,{}^{j}\bar{j}_K &= {}^{i}\bar{v}_K + \overbrace{{}^{ij}\bar{l}_K\,{}^{j}\bar{j}_{0K} - \frac{1}{p}\,{}^{ij}\bar{a}_K\,{}^{j}\bar{q}_{0K}} \\ &= {}^{i}\bar{v}_K + \qquad {}^{i}\bar{I}_K, \end{aligned}$$

où K prend la valeur o — 1 — 2 ... n — 1.

En résolvant par rapport à ${}^{1}\bar{j}_K\,{}^{2}\bar{j}_K\,{}^{1}\bar{v}_K\,{}^{2}\bar{v}_K$ on obtient

$$(5)\qquad \left\{ \begin{aligned} {}^{1}\bar{v}_K &= A_K\,{}^{2}\bar{v}_K + B_K\left[{}^{2}\bar{j}_K - \frac{\sum^{i}{}^{i}I_K\,{}^{i2}\Delta_K}{\Delta_K}\right], \\ {}^{1}\bar{j}_K - \frac{\sum^{i}{}^{i}I_K\,{}^{i1}\Delta_K}{\Delta_K} &= C_K\,{}^{2}\bar{v}_K + D_K\left[{}^{2}\bar{j}_K - \frac{\sum^{i}{}^{i}I_K\,{}^{i2}\Delta_K}{\Delta_K}\right], \end{aligned} \right.$$

avec

$$A_K = -\frac{{}^{22}\Delta_K}{{}^{12}\Delta_K},\qquad B_K = -\frac{\Delta_K}{{}^{12}\Delta_K},\qquad C_K = \frac{{}^{11}\Delta_K\,{}^{22}\Delta_K - {}^{12}\Delta_K\,{}^{21}\Delta_K}{{}^{12}\Delta_K\,\Delta_K},\qquad D_K = -\frac{{}^{11}\Delta_K}{{}^{12}\Delta_K}.$$

Les relations (5) représentent n quadripôles, par conséquent le réseau considéré apparaît dans le domaine d'abstraction choisi *comme équivalent à la superposition de n quadripôles*, ce qui étend au cas du régime quelconque la propriété que l'on connaissait déjà dans le cas du régime sinusoïdal.

Ces quadripôles possèdent les propriétés suivantes :

a. Réseau statique

$$A_K D_K - B_K C_K = 1 \qquad \text{quel que soit}\quad K;$$

b. Réseau conservatif sans résistance ni capacité

$$A_K D_K - B_K C_K = 1 \qquad \text{pour}\quad K = 0,$$
$$\text{module}\ (A_K D_K - B_K C_K) = 1 \qquad \text{pour}\quad K \neq 0;$$

c. Réseau dissipatif non statique

$$A_K D_K - B_K C_K = 1 \qquad \text{pour}\quad K = 0,$$
$$A_K D_K - B_K C_K = M_K\,e^{i\varphi_K} \qquad \text{pour}\quad K \neq 0 \qquad \text{avec}\ \left\{\begin{aligned} M_K &\neq 1, \\ \varphi_K &\neq 0. \end{aligned}\right.$$

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Effet Maxwell dans les suspensions de particules déformables. II. Propriétés dynamo-optiques d'une suspension de sphères élastiques. Application aux solutions de macromolécules en chaînes.* Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Aimé Cotton.

On suppose que la suspension de sphères élastiques est soumise à un écoulement à gradient de vitesse constant de faible valeur. Le calcul utilise d'une part

(*) Séance du 8 décembre 1948.

les résultats de nos études antérieures sur le comportement d'une sphère élastique dans un écoulement à gradient de vitesse constant K [1] et, d'autre part, les résultats de la théorie quasi statique de la propagation de la lumière dans les milieux dispersés, introduite dans l'étude des phénomènes de biréfrigence artificielle par Peterlin et Stuart [2]. L'étude de la déformation d'une sphère élastique, poussée jusqu'aux termes du deuxième ordre en K (*cf.* Note A) permet le calcul rigoureux de la position des lignes neutres (pour les faibles valeurs de K) à partir des grandeurs mécaniques caractérisant la particule dissoute (constante d'élasticité μ et viscosité interne η_i). Le calcul de la biréfringence de la solution fournit alors une relation supplémentaire contenant à la fois les grandeurs optiques (indice de réfraction n, constante α définie plus bas) et les grandeurs mécaniques caractéristiques de la particule.

La solution est supposée monodispersée et infiniment diluée. Nous admettons que la particule, optiquement isotrope lorsqu'elle est sphérique, devient anisotrope lorsqu'elle est déformée. On suppose que les axes principaux de l'ellipsoïde des indices de la particule coïncident avec ceux de l'ellipsoïde des déformations. On désignera par δn_y et δn_z les variations d'indice de réfraction le long des axes principaux oy et oz de la particule (*cf.* Note A). Le rapport p de ces axes est de la forme $p = 1 + \varepsilon$, ε étant proportionnel à K. On posera $\delta n_y - \delta n_z = 2n\alpha\varepsilon$.

1° *Position des lignes neutres.* — La solution possède les propriétés d'un milieu biaxe. L'agitation thermique ne modifie pas les directions privilégiées $oxyz$ imposées par le champ hydrodynamique à gradient constant [*cf.* Note B, équation (3)]. *Les axes principaux de l'ellipsoïde des indices de la solution coïncident donc avec les axes oxyz.*

Dans le dispositif expérimental, un faisceau parallèle de lumière polarisée se propage suivant l'axe ox. La solution présente alors deux lignes neutres dans le plan oyz, qui pour les faibles gradients de vitesse K font avec la direction de l'écoulement un angle :

$$\varphi = \frac{\pi}{4} + \delta\varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{1,25}{\mu}(\eta_0 + 0,4\eta_i)K, \tag{1}$$

où η_0 désigne la viscosité du liquide de suspension.

Il convient de souligner que, malgré la différence fondamentale des phénomènes moléculaires, la position des lignes neutres dans le cas d'une suspension de sphères élastiques varie, en fonction du gradient K, selon une loi de même forme que celle que l'on connaît déjà pour une suspension d'ellipsoïdes rigides, mais que, par contre, aucune constante de diffusion ne figure dans

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1586 et 227, 1948, p. 1221. Notes citées A et B. Nous conservons ici les notations antérieures.

(2) *Zeits. f. Phys.*, 112, 1939, p. 1.

l'équation (1). La formule (1) montre de plus que l'écart $\delta\varphi$ n'est pas dû, comme le pensait Haller (³), à la seule viscosité interne.

2. Expression de la biréfringence Δn de la solution. — *Pour les faibles valeurs du gradient de vitesse* K, *la biréfringence de la solution croît proportionnellement à* K et l'on a

$$(2)\qquad \frac{\Delta n}{n_0} = 45\,G\left(\frac{nn_0}{n^2+2n_0^2}\right)^2\left[\alpha + \frac{1}{10}\left(\frac{n^2-n_0^2}{nn_0}\right)^2\right]c\,\frac{n_0}{\mu}\,K,$$

où c représente la concentration en volume de la solution et n_0 l'indice de réfraction du liquide de suspension. *Cette expression est le produit d'un facteur mécanique* G *qui traduit l'effet de l'agitation thermique, et d'un facteur optique.* Mais contrairement au cas des solutions de particules rigides, c'est le facteur optique qui subit les variations avec le gradient de vitesse K (variations qui traduisent la déformation de la particule) tandis que le facteur G ne dépend pas en première approximation de K. On peut développer G par rapport aux puissances croissantes de $1/H$. (H est défini en B). En se limitant au premier terme du développement on a : $G = 1 - 1{,}5/H$.

Si le coefficient α est positif, la biréfringence Δn est toujours positive; s'il est négatif, elle peut être positive ou négative suivant la valeur de l'indice de réfraction du solvant.

3. *Application aux solutions de macromolécules en chaînes.* — Supposons maintenant que la théorie précédente (valable seulement pour un mouvement brownien de déformation faible) soit applicable aux solutions de macromolécules en chaînes telles que les polyisobutylènes et les polystyrolènes (*voir* Note B). Pour effectuer une vérification complète des formules (1) et (2) il faudrait connaître les constantes μ, η_i et α de ces molécules. Nous obtenons toutefois, dès à présent, un résultat important : *la formule* (2) *rend compte des variations de la biréfringence* Δn *avec l'indice de réfraction* n_0 *du solvant, les polyisobutylènes correspondant au cas* $\alpha > 0$ *et les polystyrolènes au cas* $\alpha < 0$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la pression du gaz extérieur sur l'onctuosité des lubrifiants.* Note de M. **Grégoire Volovick**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un appareil couramment employé pour mesurer l'onctuosité des lubrifiants est l'onctuosimètre de Charron. Il consiste essentiellement en un cylindre d'acier inoxydable Cy sur lequel frotte une chaînette en argent. Les deux brins de la chaînette sont fixés à deux dynamomètres D_1 et D_2 tarés en grammes-poids. Lorsque le cylindre est au repos les deux tensions T_1 et T_2 exercées sur D_1 et D_2 sont égales. Quand Cy se met à tourner, les deux

(³) *Koll. Zeits.*, 61, 1932, p. 26.

tensions cessent d'être égales et comme la chaînette embrasse Cy sur une demi-circonférence, le coefficient de frottement f est donné lorsque l'équilibre est atteint par la formule

$$f = \frac{\log T_1 - \log T_2}{\pi \log e}.$$

Si F est le coefficient de frottement à sec après une préparation définie du Cy et de la chaînette et si f est ce même coefficient en présence du lubrifiant, l'onctuosité φ est définie par

$$\varphi = \frac{F - f}{F}.$$

Pour nos expériences l'appareil de Charron a été légèrement modifié [1], en particulier l'entraînement a lieu par un moteur.

Portons en abscisses le temps t et en ordonnées φ et supposons que la pression extérieure initiale soit la pression normale $p = 760^{mm}$. La courbe (γ) représentative de φ part d'un point A, commence par croître, puis au bout d'un certain temps θ (qui peut atteindre 12 heures) présente un palier horizontal P parfaitement stable. Si alors, à une époque θ_1 choisie arbitrairement et qui correspond à un certain point B de γ, on amène la pression à $p = 200^{mm}$, γ présente un point anguleux, φ croît puis à une époque θ_2 s'amorce un palier provisoire P_1, qui précède le palier définitif P_2 dont l'ordonnée est supérieure à celle de P_1.

Si au lieu de la pression $p = 200^{mm}$ la courbe γ était tracée pour $p = 10^{mm}$, γ présenterait trois paliers intermédiaires à partir de B, avant d'atteindre le palier définitif.

Si l'on rétablit la pression initiale, on repasse en sens inverse par les mêmes paliers, ceux-ci ne s'étalant pas nécessairement sur les mêmes intervalles de temps que précédemment.

Dans le cas de l'air, on peut dresser le tableau suivant :

Pressions		Valeurs de φ pour les divers paliers.			
Hg. mm.	P.	P_1.	P_2.	P_3.	P_4.
760	0,275				
400	0,275	0,294			
200	0,275	0,294	0,314		
100	0,275	0,294	0,314	0,338	
70	0,275	0,294	0,314	0,338	
20	0,275	0,294	0,314	0,338	0,358
10	0,275	0,294	0,314	0,338	0,358

---

[1] G. VOLOVICK, *Étude de l'influence de certaines additions sur l'onctuosité des lubrifiants* (*Groupement français pour le développement des recherches aéronautiques*, note technique n° 23).

Nos expériences ont porté sur trois huiles de graissage pour les compresseurs frigorifiques et sur quatre gaz : Air, CO_2, NH_3 et SO_2.

Pour ces quatre gaz, le phénomène observé est analogue à celui que nous venons de décrire, c'est-à-dire qu'il y a accroissement de l'onctuosité lorsque la pression diminue.

Mais il est à remarquer que pour SO_2 sous la pression $p = 760^{mm}$, on passe par une série de quatre paliers à onctuosité décroissante.

Cette anomalie du SO_2 s'explique facilement si l'on songe que certains carbures sont solubles dans SO_2 liquide, et que cette propriété est utilisée pour la préparation d'essence indétonante.

Si l'on suppose qu'à la surface du cylindre, l'épilamen est formé, sous la pression $p = 760^{mm}$, par une couche comportant quelques assises moléculaires, mosaïque de gaz et d'huile adsorbés, on comprend que sous l'action du vide, les molécules de gaz disparaissent, que l'épilamen tend à être de plus en plus constitué par des molécules d'huile et que par suite, il doit y avoir augmentation de l'onctuosité.

Il est intéressant de remarquer que le phénomène est discontinu ainsi que l'indiquent les paliers.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le parallélisme de l'évolution des propriétés catalytiques, magnétiques et dépolarisantes de quelques échantillons de bioxyde de manganèse.* Note (*) de MM. **Jean Amiel**, **Georges Rodier** et **Jean Brenet**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons montré précédemment, d'après l'examen de deux échantillons de bioxyde de manganèse, l'un normal et l'autre activé, que l'activation correspondait à une diminution des dimensions de la maille cristalline, à une diminution de la distance manganèse-oxygène ([1]), et à une certaine augmentation de la susceptibilité magnétique ([2]). La présente Note donne les résultats relatifs à neuf autres échantillons; six d'entre eux ont été utilisés couramment dans la fabrication des éléments Leclanché.

Nous avons étudié simultanément certaines des propriétés catalytiques de ces échantillons, leur pouvoir dépolarisant dans des pâtes de référence, et leur susceptibilité magnétique.

En ce qui concerne les propriétés catalytiques, nous avons pris comme réaction de référence la décomposition de l'eau oxygénée à 7 volumes par MnO_2. Pour obtenir des valeurs aisément mesurables, on compte le temps nécessaire pour que 95 % de l'oxygène libérable se soient dégagés; on sait en effet que la décomposition totale est généralement longue à obtenir. Ainsi

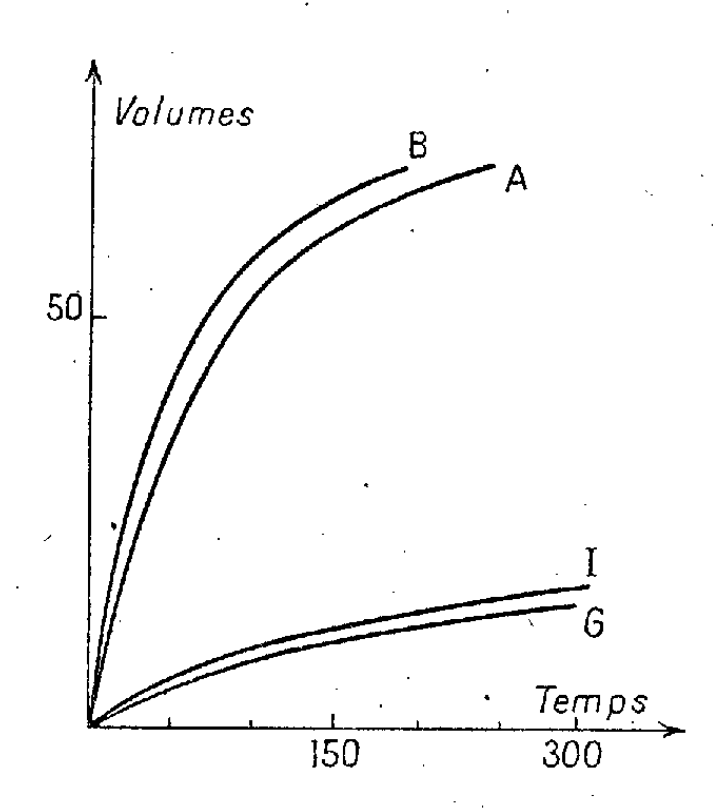
---

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 413.

([2]) J. Amiel, J. Brenet, et G. Rodier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 60.

qu'on l'a déjà fait remarquer, les bioxydes utilisés comme dépolarisants subissent un broyage poussé, dans des conditions particulières. Dans les facteurs modifiant la vitesse de décomposition de H_2O_2, la finesse de pulvérisation intervient, mais ce facteur n'est pas le seul. La figure donne les courbes de décomposition relatives à quatre échantillons, dont deux sont les dérivés activés des deux autres. En raison de la complexité du phénomène, il n'est pas donné de nombre caractérisant d'une manière absolue cette propriété.



Il faut remarquer que nous n'avons émis aucune hypothèse quant au mécanisme probable de la décomposition. On peut, comme l'ont fait divers auteurs, admettre que les réactions se produisent au voisinage immédiat des granules de MnO_2; il n'y a alors aucune raison pour que le bioxyde décomposé, puis régénéré [si l'on admet un schéma du type proposé par Broughton et Wentworth ([3])] le soit sous une forme aussi activée que celle dont on est parti. Il devrait donc se manifester un phénomène de fatigue, au moins pour les produits très activés. C'est ce que l'on observe effectivement.

On ne peut non plus caractériser par un nombre le pouvoir dépolarisant, mais on peut ranger les échantillons par ordre de pouvoir dépolarisant croissant. On obtient ainsi exactement le même classement que précédemment, à une exception près (produit F). Il convient de remarquer qu'au point de vue dépolarisation, les échantillons forment trois groupes distincts : l'un constitué par A, B, C, D, E; l'autre par G, H, I; et enfin le produit F qui jouit de propriétés particulières et est situé entre les deux groupes. On retrouve cette distribution en deux groupes principaux pour la décomposition de l'eau oxygénée.

Enfin, pour les échantillons I et B (B dérivé activé de I), de pureté identique, on observe une exaltation du paramagnétisme, la susceptibilité spécifique

([3]) *Journal of the American Chemical Society*,

passant de 39 à 43. Nous avions précédemment fait remarquer un fait analogue pour deux autres échantillons.

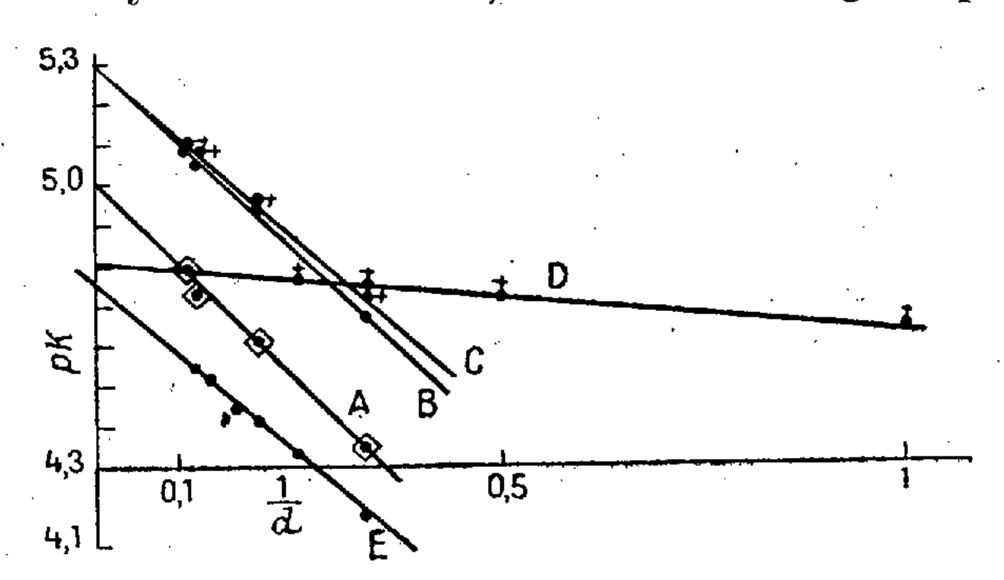
En conclusion, si l'on examine deux échantillons de bioxyde de manganèse de pureté comparable, l'un normal et l'autre activé, dérivé du premier, on observe simultanément : une augmentation du pouvoir catalytique, un accroissement du pouvoir dépolarisant, et une augmentation de la susceptibilité magnétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'interprétation de la constante d'ionisation des diacides et de leurs monoesters.* Note (*) de M. **Guy Bardinet**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans deux Notes précédentes ([1]) nous avons indiqué les valeurs de la première constante d'ionisation de quelques diacides et de leurs monoesters dans le solvant eau-acétone (10 % d'acétone). Pour représenter la loi de variation de ces constantes, nous avons depuis reconnu comme très satisfaisante, à partir de l'acide succinique, la relation suivante [déjà indiquée par Mac Innes ([2]) pour les monoacides substitués en α, β, ...],

$$pK = pK_0 - \frac{s}{d}, \tag{1}$$

d est une variable à laquelle on donne les valeurs 1, 2, 3, ... pour les termes 1, 2, 3, ... de chaque série. pK_0 est une constante qui représente le pK d'un diacide (ou d'un monoester), dont les deux carboxyles (ou le carboxyle estérifié et le carboxyle non estérifié) sont assez éloignés pour ne pas avoir



d'influence mutuelle; s est une constante qui mesure l'importance de la variation de pK.

Les courbes ci-jointes (coordonnées $1/d$ et pK) illustrent l'application de la relation (1) : *a.* à la série des diacides en C_4, C_6, C_9, C_{10} [série A, courbe A : $d=3, 5, 8, 9$; $pK_0=5{,}01$, $K_0=0{,}98.10^{-5}$, $s=2$]; *b.* à la série des mono-

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 667 et **225**, 1947, p. 736.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, **50**, 1928, p. 2587.

esters méthyliques des mêmes diacides (série B, courbe B : mêmes *d*, $pK_0 = 5{,}3$, $K_0 = 0{,}50 \times 10^{-5}$, $s = 1{,}9$); *c*. à la série des monoesters éthyliques des mêmes diacides (série C, courbe C : mêmes *d*, $pK_0 = 5{,}3$, $K_0 = 0{,}50 . 10^{-5}$, $s = 1{,}7$); *d*. à la série des monoesters Me, Et, Pr, Bu du diacide C_4 (série D, courbe D : $d = 1$ à 4, $pK_0 = 4{,}81$, $K_0 = 1{,}55 . 10^{-5}$, $s = 0{,}15$).

De l'examen des courbes on conclut : 1° pK_0 (série B) $= pK_0$ (série C). L'influence du substituant devient négligeable quand le carboxyle estérifié s'éloigne du carboxyle non estérifié; 2° K_0 (série B ou C) $= 1/2\, K_0$ (série A). On sait en effet que pour un diacide HRR'H la constante K est la somme de deux constantes K' et K'' correspondant aux deux équilibres possibles ($HRR'H \rightleftharpoons H^+ + {}^-RR'H$ et $HRR'H \rightleftharpoons H^+ + HRR'^-$) avec $K' = K''$ si $R = R'$, ce qui est le cas ici,

Wegscheider ([3]) et Adams ([4]) ont déjà remarqué que les monoesters de diacides symétriques avaient approximativement $K' = K/2$ comme constante d'ionisation. Les courbes montrent que cette dernière égalité semble, aux erreurs d'expériences près, rigoureusement réalisée à la limite (K_0 monoesters $= 1/2\, K_0$ diacides), quelle que soit la nature du radical estérifiant.

Nous avons enfin vérifié que la relation (1) s'applique aux constantes des diacides prises dans l'eau (à partir de l'acide succinique), comme le montre la courbe E construite sur les données de Gane et Ingold ([5]) pour les diacides de C_4 à C_9 ($pK_0 = 4{,}75$ — $K_0 = 1{,}78 . 10^{-5}$).

D'après l'interprétation de pK_0, on voit que la valeur limite de K_1 correspond au cas privilégié où le rapport des deux constantes K_1 et K_2 suit la relation $K_1/K_2 = 4$ ([4]). En remplaçant dans cette dernière relation K_1 par $1{,}78 . 10^{-5}$, on trouve comme valeur limite de K_2 : $4{,}45 . 10^{-6}$. La série des constantes $K_2 \times 10^6$ des diacides (de C_4 à C_9) ([5]) :

$$3{,}33 - 3{,}80 - 3{,}87 - 3{,}77 - 3{,}95 - 3{,}85,$$

rend très vraisemblable le résultat du calcul.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la succion chimique de* $Cr_2O_7K_2$ *dans la précipitation de Liesegang, son contrôle par effet de bord, et son rôle dans la génération des anneaux.* Note (*) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une précipitation périodique de Liesegang, il y a lieu de considérer, faisant suite au domaine propre des anneaux, la couronne de succion chimique

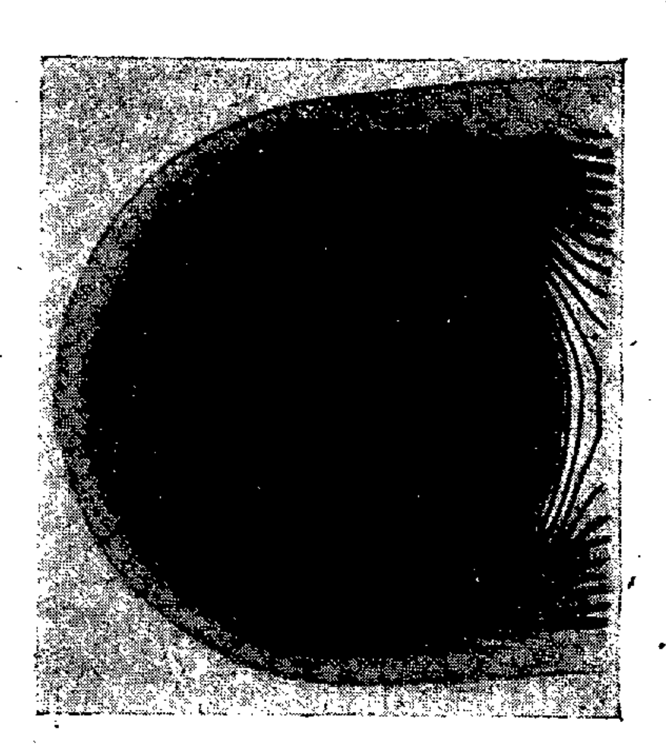
([3]) *Monatsch. Chem.*, 16, 1895, p. 153.
([4]) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 1506.
([5]) *Journ. Chem. Soc.*, 134, 1931 p. 2153.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

de $Cr_2O_7K_2$. Si les dégradés s'opposent à des mesures métriques, la comparaison des deux largeurs à un même instant est indirectement praticable par recours à l'effet de bord, que manifestent les anneaux dans les gels interrompus.

Signification de l'effet de bord et de son début. — Il est d'observation familière qu'autour d'une goutte en diffusion sur une couche de gel, une auréole de précipitation ne reste circulaire que sur une superficie suffisamment vaste, tandis qu'elle se déforme en direction d'un bord trop proche. Pour une précipitation rythmique telle que celle du chromate d'argent, l'effet de bord se traduit par une distension des derniers anneaux directement perceptible sur la préparation reproduite (*voir* figure). Le seuil de l'effet de bord, il est essentiel de le noter, n'est autre que le niveau qui a été atteint par la diffusion de NO_3Ag au moment où la succion chimique de $Cr_2O_7K_2$ s'est étendue jusqu'au bord du gel. Par suite, la localisation de ce seuil dans l'intervalle goutte-bord fait connaître, à ce même instant, les largeurs respectives de l'auréole de précipitation et de la couronne extérieure de succion.

Le bord utilisé était taillé en plein dans une couche de gélatine bichromatée, au moyen d'une lame de rasoir, et la goutte de NO_3Ag déposée en arrière, à 2^{cm} environ. Le seuil de l'effet de bord est recherché par une méthode antérieurement décrite [1] à propos des interférences de Liesegang et qui consiste à suivre, en fonction du numéro d'ordre, la variation de la racine carrée des



Effet de bord des anneaux de Liesegang. (× 1,5.)

écarts interannulaires. Le début de l'effet de bord est signalé par une brisure de la courbe représentative, et sur la préparation, le niveau correspondant est déterminé par un repérage d'anneaux. Pour le cas de la préparation (*voir* figure), l'effet de bord a été trouvé débuter à $0^{cm},5$ de la périphérie de la goutte

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1603.

et à $0^{cm},6$ du bord du gel : d'où, lorsqu'il a commencé à se faire sentir, la diffusion de NO_3Ag que couvrait déjà $0^{cm},5$, était dépassée de $0^{cm},6$ par la succion chimique de $Cr_2O_7K_2$, et c'est au delà seulement de cette dernière zone que le gel demeurait encore inaffecté par la réaction.

En régime normal donc, abstraction faite de l'effet de bord, les diffusions et les succions qui les unes comme les autres participent à la formation du précipité, sont susceptibles d'intéresser dans le gel des distances du même ordre. Une intervention concurrente de ces processus peut être invoquée pour rendre compte de la rythmicité elle-même.

Interprétation des rythmicités de précipitation par une compétition de diffusions et de succions. — Progressions et régressions de réactifs ayant lieu dans le même sens, leur compétition laisse envisager, dans la répartition du précipité, des discontinuités éventuelles.

Supposons, en effet, qu'à un moment donné, la profondeur des succions surpasse la limite d'efficacité des appels chimiques. La réaction sera stoppée pour reprendre dès que cette profondeur sera corrigée par le jeu des diffusions. Une distribution rythmique ne s'établira donc qu'autant que la situation relative des individus en œuvre sera susceptible d'interdire, puis de permettre à nouveau les rassemblements d'ions commandés par les affinités.

Les précipitations rythmiques ont l'intérêt d'apparaître ainsi comme des répercussions d'actions sur lesquelles les données manquent encore. L'interprétation, d'accord avec l'expérience, permet de comprendre la spécificité du caractère rythmique de la réaction. Elle suggère, en outre, l'influence du milieu de réaction : on sait, par exemple, que la gélatine est plus favorable que l'agar à la périodicité de précipitation du chromate d'argent, alors que c'est l'inverse pour d'autres périodicités.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la vie moyenne des porteurs de chaîne dans l'oxydation du carbone.* Note (*) de MM. **René Audubert** et **Henri Busso**, présentée par M. Paul Pascal.

On a montré ([1]) que la combustion du carbone à basse pression et à température supérieure à 1500°C. pouvait s'effectuer suivant le schéma

$$3\dot{C} + 2O_2 \rightarrow 2CO + CO_2.$$

D'autre part, cette réaction est accompagnée d'une émission intense de rayonnement ultraviolet de fréquence s'étendant de 2600 à 2000 Å ([2]).

La comparaison entre les données de la photogénèse et celles de la cinétique conduit à admettre une réaction par chaîne dont le transfert d'énergie a été jusqu'à ce jour attribué

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) Lothar Meyer, *Z. Physik. chem.*, B, **17**, 1932, p. 385.

([2]) R. Audubert et Ch. Racz, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 752 et **219**, 1944, p. 254.

à des molécules CO_2^* activées, capables par retour à l'état normal d'émettre les photons observés. Des expériences plus récentes ont en outre établi que des molécules CO^* activées pouvaient également servir de porteurs de chaîne. L'ensemble de ces données peut donc être représenté schématiquement par

$$3C + 2O_2 \rightarrow C_3O_4 \begin{cases} \nearrow CO + CO^* + CO_2 \\ \searrow 2CO + CO_2^* \end{cases}$$

$$\begin{matrix} CO^* \searrow \\ CO_2^* \nearrow \end{matrix} + C_3O_4 \begin{cases} \nearrow CO + CO^* + CO_2 + CO \\ \searrow 2CO + CO_2^* + CO_2 \end{cases}$$

$$CO^* \rightarrow CO + h\nu, \qquad CO_2^* \rightarrow CO_2 + h\nu'.$$

L'étude quantitative du rayonnement ultraviolet émis permet de déterminer les énergies d'activations des processus élémentaires ainsi que la longueur de la chaîne β, dont la valeur ainsi trouvée est identique à celle calculée à partir des données de la cinétique ([3]).

L'existence de transfert d'énergie par molécules activées est confirmée par les mesures de vie moyenne de ces porteurs de chaîne.

Les gaz provenant de la combustion passent dans un tube à une vitesse V mesurée à l'aide d'un débimètre. Ce tube présente des fenêtres de quartz disposées à des distances déterminées permettant de mesurer en différents points l'intensité du rayonnement émis.

D'une manière générale, la vie moyenne τ est donnée par la relation $N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, où N_0 représente le nombre de centres actifs à l'instant zéro et N la valeur correspondant à l'instant t. Si l'on représente par Δh la variation de pression de part et d'autre du débimètre, on a : $V = 429,26\,\Delta h$.

Si I_1 et I_2 désignent les intensités d'émission à deux fenêtres distantes de L cm, on a $I_2/I_1 = e^{-\frac{L}{V\tau}}$.

Cette mesure a été effectuée à plusieurs pressions et à différentes températures. Les résultats obtenus dans des mélanges en proportions variables d'azote et d'oxygène sont représentés par les figures suivantes :

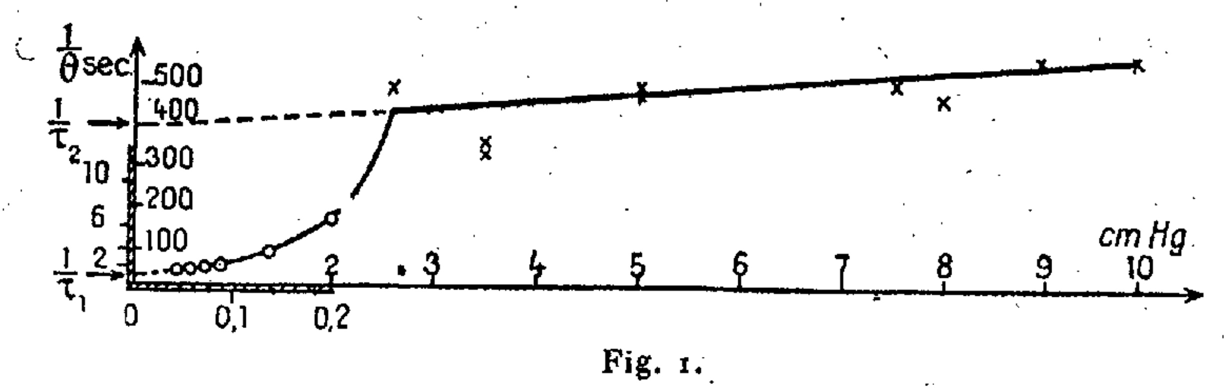


Fig. 1.

La désactivation des centres actifs peut se faire soit spontanément soit par chocs. Les mesures conduisent directement à la vie moyenne apparente θ qui est liée à la vie moyenne vraie par $1/\theta = (1/\tau) + Kp$.

La figure 1, donnant la variation de $1/\theta$ en fonction de la pression, permet de

([3]) R. Audubert, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 114 et 225, 1947, p. 134.

distinguer deux portions linéaires qui mettent en évidence l'existence de deux centres actifs dont les vies moyennes vraies obtenues par extrapolation seraient approximativement : $\tau_1 \approx 2$ secondes et $\gamma_2 \approx 2,5\ 10^{-3}$ seconde.

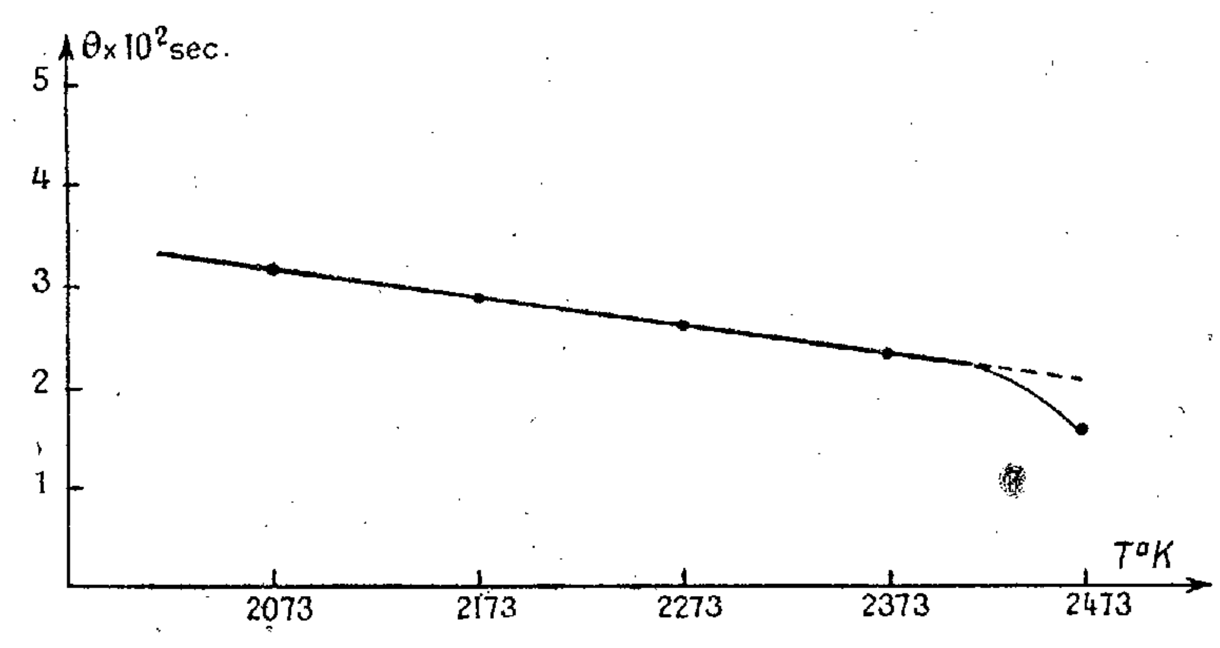


Fig. 2. — Courbe $\theta = f(T°K)$ pour $p = 2$ cm Hg d'air purifié.

Afin d'éviter l'action toujours possible de produits oxygénés de l'azote éventuellement photogéniques, les expériences ont été reprises dans l'argon ; elles conduisent à des résultats sensiblement identiques.

On peut donc conclure à l'existence de deux centres actifs : à des pressions inférieures à environ $0,2 - 0^{cm},3$ de mercure, le centre de vie moyenne plus grande est prédominant, alors que dans le domaine des pressions supérieures à $2,0 - 2^{cm},5$ de mercure, c'est le centre dont la vie moyenne est la plus petite qui intervient principalement.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Le* rayon covalent *de l'atome d'azote doublement lié.* Note de M. **Roger Cantarel**, présentée par M. Paul Pascal.

Pauling a admis que le *rayon covalent* de l'azote doublement lié devait être inférieur d'environ 0,10 Å à celui de l'azote simplement lié (1). Le nombre ainsi trouvé (0,60 Å) peut être entaché d'une erreur non négligeable.

Pour préciser cette dimension, il convient d'examiner des molécules possédant une double liaison azotée aussi purement covalente que possible ; les *imines* m'ont paru répondre à cette condition. A défaut d'une mesure au moyen des rayons X, la distance carbone-azote peut être déduite de la fréquence Raman correspondante, au moyen de la formule de Badger (2). Afin de déceler les influences éventuelles des groupements voisins, la liaison semblable $C = O$, mieux connue, a été examinée parallèlement. Les valeurs

(1) *The nature of the chemical bond.* New York, 1948, p. 169.
(2) *J. Chem. Phys.*, **2**, 1934, p. 128.

consignées dans le tableau ci-dessous ont été obtenues avec les mêmes coefficients numériques ($c = 2{,}99776 \cdot 10^{10}$ cm/sec, $N = 6{,}022 \cdot 10^{23}$ (3)).

	n Raman (cm⁻¹).	$f.10^{-5}$ (dynes/cm).	$R_{C=O}$ (Å).		n Raman (cm⁻¹).	$f.10^{-5}$ (dynes/cm).	$R_{C=N}$ (Å).
$^{R}_{H}\!>C{=}O$..	1720 (4)	$11{,}9_5$	$1{,}21_7$	$^{R}_{H}\!>C{=}N{-}R'$......	1670 (7)	$10{,}5_7$	$1{,}24_0$
$^{R}_{R}\!>C{=}O$..	1710 (5)	$11{,}8_2$	$1{,}21_9$				
$^{R}_{Ph}\!>C{=}O$..	1687 (6)	$11{,}5_0$	$1{,}22_5$	$^{H}_{Ph}\!>C{=}N{-}CH_3$.....	1654 (7)	$10{,}3_7$	$1{,}24_3$
$^{Ph}_{Ph}\!>C{=}O$..	1658 (7)	$11{,}1_1$	$1{,}23_1$	$^{Ph}_{Ph}\!>C{=}N{-}H$.......	1649 (6)	$10{,}3_1$	$1{,}24_5$
				$^{Ph}_{Ph}\!>C{=}N{-}CH_2{-}Ph$.	1622 (6)	$9{,}9_7$	$1{,}25_1$
				$^{Ph}_{Ph}\!>C{=}N{-}CH<^{Ph}_{Ph}$..	1618 (6)	$9{,}9_3$	$1{,}25_2$

La longueur de la liaison C = o purement covalente, $R_{C=O} = 1{,}215$ Å (1), est très voisine de celle obtenue ici pour les aldéhydes alcoyliques. Ce dernier résultat, en parfait accord avec ceux de la diffraction électronique (8), (9), montre que les chiffres indiqués ont également une signification en valeur absolue. Les modifications apportées par les substituants à la liaison cétonique et à la liaison iminique sont analogues, mais légèrement moins accusées pour cette dernière. Il est donc raisonnable de considérer la liaison des aldimines alcoyliques comme parfaitement covalente et d'adopter la valeur $R_{C=N} = 1{,}24$ Å pour distance interatomique correspondante. Le *rayon covalent* de l'azote doublement lié s'en déduit immédiatement en retranchant celui du carbone doublement lié, dont la valeur (0,665 Å) a été déterminée avec plus de soins : il est égal à 0,575 Å.

Les doubles liaisons cétonique et iminique semblent se relâcher à mesure que les groupements substituants deviennent plus importants. Ce résultat peut être dû, *a priori*, soit à une diminution du caractère de double liaison (10), soit à une perturbation dans le mouvement vibratoire des deux atomes liés qu'il n'est plus correct de considérer comme un système *isolé* pour le calcul du

---

(3) Y. Doucet et J. Doucet, *J. Physique*, (8), 4, 1943, p. 204; *Handbook of Chemistry and Physics*, Cleveland (Ohio), 1947, p. 2631.

(4) W. R. Brode, *Chemical spectroscopy*, New York, 1946, p. 277.

(5) C. Cherrier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 930.

(6) R. Cantarel, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 480.

(7) A. Kirrmann et P. Laurent, *Bull. Soc. Ch.*, (5), 6, 1939, p. 1657.

(8) D. P. Stevenson, J. E. Lu Valle et Schomaker, *J. A. C. S.*, 61, 1939, p. 2508.

(9) D. P. Stevenson, H. D. Burnham et Schomaker, *J. A. C. S.*, 61, 1939, p. 2922.

(10) L. Pauling, L. O. Brockway et J. Y. Beach, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2705.

coefficient *f*. Si cet *effet de masse* intervient de façon prépondérante, il doit être d'autant plus accusé que le système vibratoire, considéré jusque-là comme isolé, possède une inertie plus faible. Or, c'est l'inverse que l'on observe : la fréquence de la vibration s'abaisse moins dans le cas de l'azote que dans celui de l'oxygène. Il se vérifie une fois de plus que cet *effet de masse* est négligeable ; le relâchement de la liaison est donc dû à peu près uniquement à une diminution du caractère de double liaison, résultant vraisemblablement d'une résonance avec une forme ionique, laquelle est favorisée par un accroissement de la différence des électronégativités des deux atomes liés. Cette différence est égale à 1 pour $C=O$, à 0,5 pour $C=N$; corrélativement, le caractère de double liaison est trouvé égal à 91,7 % pour la benzophénone, à 93,7 % pour la diphénylcétimine.

Indépendamment d'ailleurs de la nature exacte de la cause du résultat observé, sa manifestation doit être semblable pour les deux liaisons considérées. Il est donc normal de trouver des distances $R_{C=N}$ qui croissent légèrement, comme les distances $R_{C=O}$, avec l'importance des groupements substitués. Or, avec la valeur jusqu'ici admise pour le *rayon covalent* de l'azote doublement lié, il n'en serait pas ainsi, puisque la distance $R_{C=N}$ purement covalente serait alors de 1,265 Å. Il serait anormal que les résultats ici obtenus soient conformes pour la liaison cétonique et aberrants pour la liaison iminique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelle préparation de l'oxyde d'uranium* UO_3 *et étude de sa décomposition.* Note (*) de M. **André Boullé** et Mme **Marthe Domin-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'oxyde d'uranium UO_3 a été préparé par voie électrolytique suivant une technique utilisée antérieurement par l'un de nous (1) en application des conceptions nouvelles de M. Jolibois (2) sur l'électrolyse.

Une solution de nitrate d'uranyle à 10 % contenue dans le compartiment anodique du vase électrolytique est soumise durant plusieurs jours à un courant continu de 5 milliampères et 800 volts environ. L'oxyde UO_3 hydraté jaune apparaît dans le compartiment cathodique au sein de l'eau pure ; recueilli dans de telles conditions il est d'une grande pureté. Nous avons étudié son comportement thermique, les phénomènes que nous allons décrire ont été observés également avec des oxydes provenant d'autres modes de préparation, par exemple celui indiqué par Biltz et Muller (3) : précipitation du nitrate d'uranium par l'eau oxygénée. Tous ces produits sont anhydres orangés après

(*) Séance du 8 décembre 1948.

(1) P. Jolibois et M. Bergès, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 78.

(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 319.

(3) *Zeits. f. anorg. Chemie*, 163, 1927, p. 257.

chauffage à 380°-390° dans l'air, mais ils demeurent très hygroscopiques; à plus haute température, et d'autant plus rapidement qu'elle est plus élevée, il se forme de l'oxyde U_3O_8 vert olive ou noir (perte pour passer de UO_3 à U_3O_8 : 1,87 %).

Nous avons suivi cette transformation par enregistrement à l'aide de la thermobalance de Chevenard; la perte de poids totale (*fig.* 1, courbe 1) ne s'effectue pas d'une manière continue mais en deux temps : 0,61 à 520°; 1,27 % à 610. Un

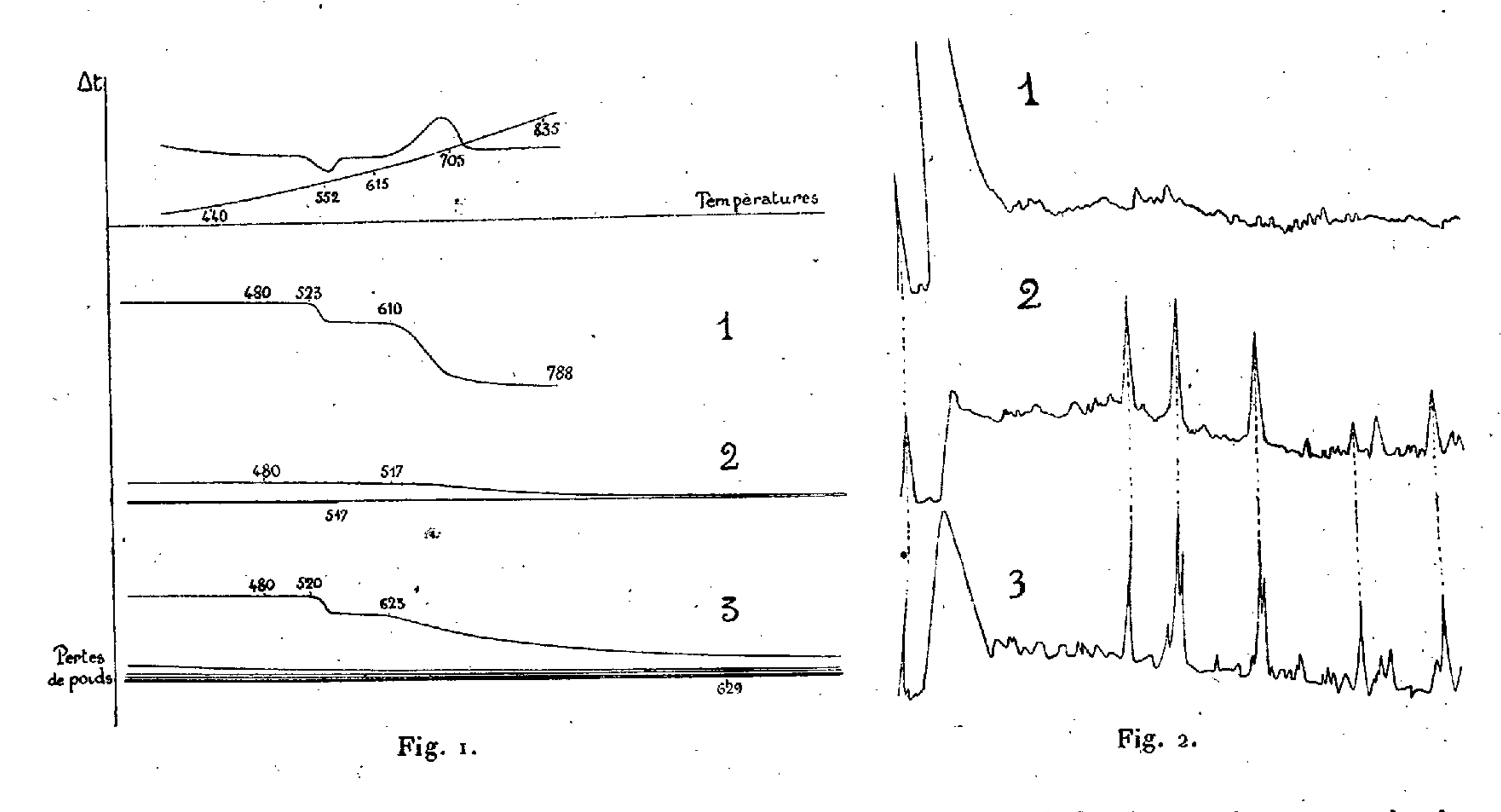


Fig. 1. Fig. 2.

stade intermédiaire correspondant au palier qui s'étend de 520 à 610° est ainsi mis en évidence entre les deux oxydes UO_3 et U_3O_8; il n'est pas dépassé lorsque l'on effectue des chauffages isothermes à des températures comprises entre 515 à 610. Sur des produits isolés par trempe au cours de ces chauffages isothermes, il est possible non seulement d'étudier le composé intermédiaire mais de suivre sa formation progressive (*fig.* 1, courbe 2) à partir de l'oxyde UO_3 et sa décomposition qui conduit d'une manière également progressive à l'oxyde U_3O_8 (*fig.* 1, courbe 3).

Par ailleurs la courbe d'analyse thermique différentielle présente deux accidents (irréversibles dans les conditions habituelles de cette technique et en sens inverse au point de vue thermique) aux mêmes températures (4); ils traduisent l'un et l'autre deux phénomènes :

1° A 520° : décomposition partielle de UO_3 amorphe et apparition du composé intermédiaire cristallisé;

(4) La vérification de la simultanéité des pertes de poids et des phénomènes thermiques a été faite en installant dans le four même de la thermobalance le dispositif d'analyse thermique.

2° A 620° : décomposition du composé intermédiaire et modification de structure.

En effet l'examen des spectres X (emploi du rayonnement $K\alpha$ du cuivre et du monochromateur de Guinier) traduits ici par leurs courbes microphotométriques montrent que :

1° L'oxyde UO_3 ne donne lieu à aucune interférence visible (il a toujours été décrit comme un corps amorphe) (*fig.* 2, courbe 1);

2° Le composé intermédiaire et l'oxyde U_3O_8 final ont des structures identiques, mais certaines raies parmi les plus intenses se dédoublent d'une manière progressive à mesure que la composition se rapproche de celle de U_3O_8 (*fig.* 2, courbes 2 et 3).

L'ensemble de ces résultats peut s'interpréter par l'existence d'une solution solide stable de 520 à 610° et de composition voisine de $UO_{2,90}$.

Biltz et Muller (*loc. cit.*), pour expliquer que la tension d'oxygène n'était pas fixe à une même température dans leurs expériences de décompositions isothermes de UO_3 (en tube scellé préalablement vide d'air), avaient déjà envisagé une telle éventualité. Nous avons reproduit certaines de ces expériences et obtenu des produits d'apparence homogène et dont les spectres X traduisent comme précédemment une transformation continue de UO_3 à U_3O_8.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la condensation des ions basiques dans l'hydrolyse des nitrates d'aluminium et d'uranyle.* Note (*) de M. **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Communication (1) nous avons montré que, par dilution à force ionique constante, le pH d'hydrolyse d'un sel pur varie suivant la relation

$$(1)\qquad \frac{d\,\mathrm{pH}}{d\log V}=\frac{n}{q+1}\qquad \text{où}\ \begin{cases} V = \text{dilution}, \\ q = \text{nombre d'ions } \overset{+}{H} \text{ mis en jeu}. \end{cases}$$

C'est ainsi que nous avons déterminé le degré de condensation n des ions basiques de plomb. Nous nous proposons d'étendre cette méthode au cas des nitrates d'aluminium et d'uranyle.

1. *Hydrolyse du nitrate d'aluminium.* — $(NO_3)_3Al$ a été préparé par cristallisations successives dans des solutions 0,06 N en NO_3H. Les précautions opératoires sont analogues aux précédentes (1). La liqueur d'origine est 1.10^{-1} M en $(NO_3)_3Al$, la liqueur de dilution 2.10^{-1} M en $(NO_3)_2Ba$. Pour les deux séries de mesures effectuées à force ionique 0,60 et 0,12, les points expérimentaux de la fonction $\mathrm{pH}=f(\log V)$ se situent sur deux droites concourantes

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) M. Géloso et J. Faucherre, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 200.

dont la pente est très proche des valeurs théoriques 0,666 et 0,50 correspondant respectivement à $n = 2$ et $n = 1$.

Le processus ionique d'hydrolyse du nitrate d'aluminium s'effectue donc suivant deux équilibres distincts :

1° Pour $c > 1.10^{-2}$ prédominance des ions basiques bicondensés ;

$$2\,Al^{+++} + 2\,H_2O \rightleftharpoons \{(\overset{++++}{AlOH})_2\} + 2\,\overset{+}{H};$$

la relation (II) établie dans une précédente communication

$$\text{(II)} \qquad [\overset{+}{H}] = 2\,K_1 \frac{c^2}{[\overset{+}{H}]^2} + K_2 \frac{c}{[\overset{+}{H}]},$$

nous permettra de calculer la valeur de la constante d'hydrolyse

$$\frac{[(\overset{++++}{AlOH})_2][\overset{+}{H}]^2}{[Al^{+++}]^2} = K_1 = \begin{cases} 5{,}82.10^{-9} & \text{pour } \mu \approx 0{,}60, \\ 8{,}72.10^{-9} & \text{pour } \mu \approx 0{,}12; \end{cases}$$

2° Pour $c < 5.10^{-3}$ prédominance des ions basiques simples

$$Al^{+++} + H_2O \rightleftharpoons \{\overset{++}{AlOH}\} + \overset{+}{H},$$

équilibre régi par la constante d'hydrolyse

$$\frac{[\overset{++}{AlOH}][\overset{+}{H}]}{[Al^{+++}]} = K_2 = \begin{cases} 1{,}07.10^{-6} & \text{pour } \mu \approx 0{,}60, \\ 1{,}83.10^{-6} & \text{pour } \mu \approx 0{,}12. \end{cases}$$

La courbe calculée $pH = f(\log V)$ issue de la relation (II) se rapproche d'une façon très satisfaisante de la courbe expérimentale.

Comparativement à nos résultats, Cranston-Brown [2] obtinrent en étudiant l'hydrolyse du sulfate à l'électrode de verre des points expérimentaux qui peuvent se ranger sur une droite de pente assez inférieure à 0,50 dans un domaine de pH un peu plus élevé, H. Guiter [3] une série de segments de droites de pentes croissantes dans un domaine de pH assez identique [4].

II. *Hydrolyse du nitrate d'uranyle.* — Le pH d'hydrolyse de ce sel est tel qu'il n'est plus possible de négliger $[H^+]$ devant c. Nous appliquerons donc la relation

$$\text{(III)} \qquad \frac{d\,pH}{d\log(c - [H^+])} = -\frac{n}{q+1}.$$

---

(2) *J. Roy. Techn.* (*Coll. Glasgow*, 4, 1937, p. 54).

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1092.

(4) Cette divergence avec nos résultats est probablement due au fait que :

1° Les ions $SO_4^{=}$ ont, contrairement aux ions NO_3^-, une forte tendance à entrer dans le complexe basique, du fait de leur forte charge et de leur petit rayon ionique ;

2° Ces auteurs n'ont pas opéré à force ionique constante.

Les points expérimentaux de la fonction $pH = f\{\log(c - [H^+])\}$ se rangent sur une droite unique de pente 0,67 ($\mu \approx 0,60$) et 0,66 ($\mu \approx 0,060$), ce qui indique une bi-condensation de l'ion basique entre $c = 2.10^{-1}$ et $c = 1.10^{-4}$.

L'équilibre d'hydrolyse est donc unique

$$2UO_2^{++} + 2H_2O \rightleftharpoons (UO_2^{++}OH)_2 + 2H^+,$$

équilibre régi par la constante

$$K = \frac{[(UO_2^{++}OH)]_2[H^+]^2}{[UO_2^{++}]^2} = K = \frac{[H^+]^3}{2(C-[H^+])^2} = \begin{cases} 1,07.10^{-6} & \text{pour } \mu \approx 0,60, \\ 1,90.10^{-6} & \text{pour } \mu \approx 0,060. \end{cases}$$

Les courbes de neutralisation théoriques de $(NO_3)_2UO_2$, calculées à partir de $K = 1,07.10^{-6}$ pour $c = 1.10^{-1}$, 5.10^{-2}, $2,5.10^{-2}$, $1,25.10^{-2}$, sont en parfait accord avec les courbes expérimentales que nous avions obtenues avec R. Schaal ([5]) à force ionique très voisine ($\mu \approx 1$) entre 0 et 0,6 équivalent d'alcali. Au delà, les points expérimentaux sont nettement au-dessous des courbes théoriques ([6]).

Signalons que Sutton ([7]), par des mesures d'absorption lumineuse, a mis en évidence un ion basique de condensation identique; H. Guiter ([8]), par des mesures colorimétriques du pH, a fourni des résultats qu'il est difficile de comparer aux nôtres, du fait que cet auteur n'opérait pas à force ionique constante.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude thermomagnétique des modifications structurales déterminées par revenu après hypertrempe dans quelques ferronickels complexes.* Note (*) de M. **Émile Josso**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait que le ferronickel de formule $FeNi_3$ (75,92 % Ni) est susceptible d'acquérir une structure ordonnée ou *surstructure* par un traitement approprié ([1]) et qu'une semblable aptitude se retrouve dans les alliages industriels à teneur en nickel voisine de 75 % qui, additionnés de quelques unités pour cent de chrome, de cuivre, de molybdène etc., forment la famille du *mumétal* et sont utilisés comme matériaux magnétiques à haute perméabilité initiale. Un chauffage à température élevée tend à détruire cette surstructure pour donner

---

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, **14**, 1947, p. 927.

([6]) Un phénomène analogue à celui des sels de Cr^{+++} et Al^{+++} se produirait ici : formation simultanée de $UO_2(OH)_2$ colloïdal dont le produit de solubilité imposerait le pH de la solution.

([7]) *Natl. Research Council Can. At. enngy project Div. Research C. R. S.*, **325**, 1947.

([8]) *Bull. Soc. Chim.*, **1-2**, 1947, p. 64.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) Leech et Sykes, *Phil. Mag.*, **27**, 1939, p. 742.

naissance à une solution solide ordinaire qui, stéréotypée par hypertrempe, peut revenir à l'état ordonné par l'action d'un revenu à température inférieure à celle de la transformation ordre → désordre. Je me suis proposé, au laboratoire d'Imphy, l'étude approfondie de ces réactions afin de guider les opérations thermiques et mécaniques dans l'élaboration des alliages magnétiques employés dans l'industrie des télécommunications.

Cette étude est justiciable de l'analyse thermomagnétique, puisque les points de Curie de ces ferronickels complexes sont distincts aux états ordonné et désordonné. Mais elle est délicate : en effet, le domaine de température où la transformation magnétique réversible est la plus active et celui où s'effectue la transformation ordre ⇌ désordre empiètent l'un sur l'autre. Certaines impuretés, telles que le carbone, donnent des constituants plus solubles à chaud qu'à froid et l'hétérogénéité secondaire qui accompagne leur précipitation déplace et étale le point de Curie, manifestation superposée aux résultats de la transformation ordre ⇌ désordre. Un effet parasite de même aspect pourrait aussi résulter d'une altération chimique localisée, d'une oxydation sélective superficielle par exemple. Il m'a fallu renoncer enfin à utiliser la méthode thermomagnétique selon la technique instituée par MM. Chevenard et Portevin ([2]) dans leurs recherches sur le revenu des aciers, c'est-à-dire à effectuer le revenu des échantillons hypertrempés au sein même du thermomagnétomètre : le champ magétique qui règne dans cet appareil affecterait l'allure de la transformation ordre ⇌ désordre.

D'où emploi d'une technique très précise : chauffe des barreaux thermomagnétiques sous vide fin; hypertrempe dans l'huile; revenu sous champ nul à température maintenue à mieux qu'un degré près pendant plusieurs centaines d'heures; essai au thermomagnétomètre avec chauffe et refroidissement rapides.

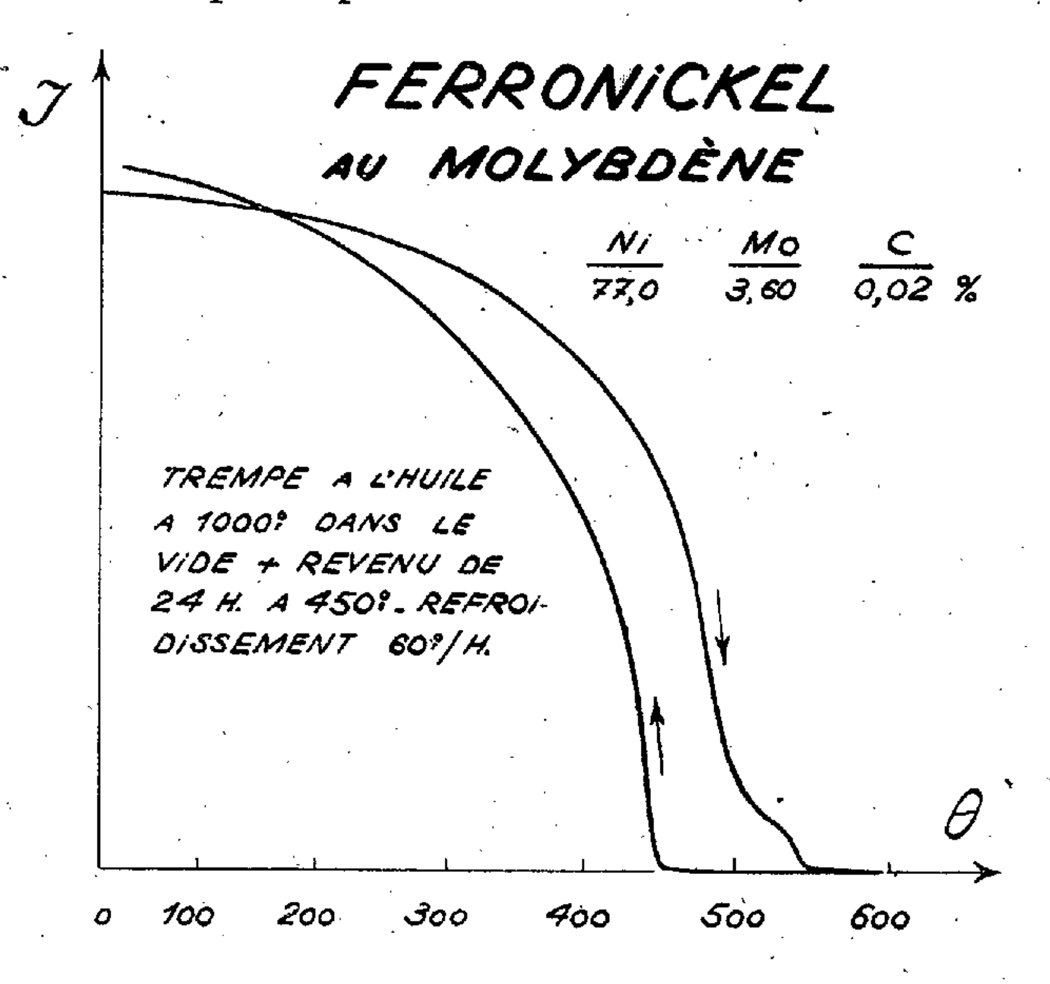
Le diagramme enregistré au thermomagnétomètre, donné ici à titre d'exemple, concerne un alliage à 77,0 % Ni; 3,6 % Mo et 0,02 % C, préalablement hypertrempé à 1000° puis revenu pendant 24 heures à 450°. L'efficacité de ce traitement apparaît clairement si l'on compare les courbes décrites à la chauffe et au refroidissement : sur la première, la transformation magnétique étalée de 500° à 550° caractérise l'état partiellement ordonné créé par le revenu; la courbe de refroidissement, à point de Curie franc situé à 450°, traduit l'état désordonné créé par la chauffe à 600° dans le thermomagnétomètre même, état conservé grâce à la rapidité du refroidissement dans cet appareil.

La très faible teneur en carbone de l'alliage étudié interdit de l'attribuer à une précipitation de cémentite complexe au cours du revenu. D'ailleurs, une analyse aux rayons X consécutive à ce traitement contredit l'existence d'une seconde phase, mais indique nettement les raies d'une surstructure. Ainsi les

([2]) *Rev. de Métal.*, 38, 1931, p. 417.

diagrammes thermomagnétiques enregistrés traduisent bien les modifications structurales qui constituent la mise en ordre ou la destruction de l'état ordonné : j'ai tiré parti de cette aptitude, dans l'étude des alliages industriels, pour préciser les modalités du phénomène : températures, vitesse, etc.

L'expérience ainsi acquise permet de discerner, dans les effets globaux



observés en pratique, la part due aux transformations ordre désordre et celle qui revient aux phénomènes secondaires. S'il y a, par exemple, mise en solution ou précipitation d'un deuxième constituant formé à partir d'une impureté, l'irréversibilité thermique du phénomène est nettement supérieure à celle de la transformation ordre⇌désordre. Ou encore, l'étalement du point de Curie causé par une oxydation sélective superficielle exige, pour disparaître, un recuit d'homogénéisation bien plus poussé que la chauffe nécessaire pour détruire l'état partiellement ordonné.

En résumé, la méthode thermomagnétique s'est révélée apte à l'étude qualitative et quantitative des réorganisations structurales déterminées par les traitements dans les ferronickels complexes à haute perméabilité initiale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des amines aromatiques avec les nitranilines. Préparation des composés aminoazoïques.* Note (*) de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été précédemment montré ([1]) que la condensation du nitrobenzène avec les diamines aromatiques, en présence de soude, peut servir de méthode de

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) M. Martynoff, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1332.

préparation des composés aminoazoïques et offre l'avantage de fournir indifféremment les isomères *o*-, *m*- ou *p*-aminés (schéma *a*). J'ai jugé intéressant d'intervertir en quelque sorte les positions respectives des groupes NO_2 et NH_2 réagissants et de voir si la condensation des amines aromatiques avec les nitranilines ne conduirait pas au même résultat (schéma *b*).

$$Ar{-}NO_2 + H_2N{-}Ar'{-}NH_2 \xrightarrow{(a)} Ar{-}N{=}N{-}Ar'{-}NH_2 \xleftarrow{(b)} Ar{-}NH_2 + O_2N{-}Ar'{-}NH_2$$

Les essais préliminaires, que je décrirai ici très brièvement, ont confirmé ces prévisions. Ils ont porté sur la condensation alcaline des naphtylamines avec diverses nitranilines et avaient pour but l'obtention de quelques naphtalènazo-anilines dont la connaissance semblait souhaitable. En effet, contrairement aux benzénazo-naphtylamines (A), les naphtalènazo-anilines (B) sont pour la plupart inconnues.

$$(\alpha \text{ ou } \beta)\ NH_2{-}C_{10}H_6{-}N{=}N{-}C_6H_5 \quad \text{(A)} \qquad (\alpha \text{ ou } \beta)\ C_{10}H_7{-}N{=}N{-}C_6H_4{-}NH_2. \quad \text{(B)}$$

Aucun des six isomères de position suggérés par la formule (B) et aucun dérivé N-monoalcoylé ne semblent avoir été décrits. Seuls les dérivés *para*-N-N-dialcoylés, pouvant être obtenus par la méthode habituelle de copulation, sont connus.

J'ai étudié les condensations de la β-naphtylamine avec l'*o*-, la *m*-, la N-N-diméthyl-*m*- et la N-N-diméthyl-*p*-nitraniline ainsi que celle de l'α-naphtylamine avec la N-N-diméthyl-*m*-nitraniline et j'ai obtenu respectivement les naphtalènazo-anilines suivantes :

—N=N— NH₂ (I)

—N=N— NH₂ (II)

—N=N— N(CH₃)₂ (III)

—N=N— —N(CH₃)₂ (IV)

N=N— N(CH₃)₂ (V)

Le mode opératoire suivi est sensiblement celui décrit pour la condensation des dérivés nitrés avec les diamines (*loc. cit.*). Les rendements sont variables mais souvent inférieurs à ceux obtenus dans les condensations du nitrobenzène avec les diamines. Ici encore on obtient toujours des quantités plus ou moins importantes d'un corps noir insoluble. Des travaux sont en cours pour améliorer les rendements et pour l'étude des produits secondaires, dont la connaissance permettra peut-être d'élucider le mécanisme de la réaction.

Je désignerai par T la température à laquelle la condensation a été effectuée et par R le rendement en aminoazoïque exprimé en % du poids de la nitraniline mise en œuvre.

2-β-*naphtalènazo-aniline* $C_{16}H_{13}N_3$ (I) : T 145°; R 11 %.

Cristaux rouille F 136° (Éther de pétrole). Facilement soluble dans les solvants organiques. Se dissout dans SO_4H_2 concentré avec une coloration rouge brun virant au jaune par dilution. Trouvé : C % 77,92; 77,78; H % 5,68; 5,79; N % 16,20; 16,52. Calculé : C % 77,73; H % 5,26; N % 17,00.

3-β-*naphtalènazo-aniline* $C_{16}H_{13}N_3$ (II); T 145°; R 27 %.

Cristaux jaune orangé F 97° (alcool). Très soluble dans les solvants usuels. Se dissout dans SO_4H_2 concentré avec coloration brun orangé virant par dilution d'abord à l'orangé puis au jaune d'or. Peu soluble dans ClH dilué à froid. Trouvé : C % 77,67; 77,51; H % 5,44; 5,54 : N % 16,58; 16,55. Calculé : C % 77,73; H % 5,26; N % 17,00.

3-β-*naphtalènazo*-N-N-*diméthyl-aniline* $C_{18}H_{17}N_3$ (III) : T 190-200°; R 94 %.

Cristaux orangés F 107° (alcool ou éther de pétrole). Soluble dans tous les solvants usuels. Soluble dans SO_4H_2 concentré avec une coloration rouge orangé qui passe par dilution successivement à l'orangé et au jaune. Trouvé : C % 77,77; 78,03; H % 6,24; 5,98; N % 15,18; 15,22. Calculé : C % 78,54; H % 6,18; N % 15,27.

4-β-*naphtalènazo*-N-N-*diméthyl-aniline* $C_{18}H_{17}N_3$ (IV) : T 175-180°; R 30 %.

Cristaux jaune brun F 172° (benzène).

3-α-*naphtalènazo*-N-N-*diméthyl-aniline* $C_{18}H_{17}N_3$ (V) T 190-200°; R 46 %.

Cristaux rouge foncé aux reflets bleus F 86° (éther de pétrole). Facilement soluble dans le benzène, l'éther et le chloroforme. Moins soluble dans l'éther de pétrole et dans l'alcool à froid. La solution dans SO_4H_2 concentré est rouge violet et passe par dilution progressivement au jaune. Trouvé : C % 77,95; 78,24; H % 6,19; 6,39; N % 15,05; 14,84. Calculé : C % 78,54; H % 6,18; N % 15,27.

En résumé, la condensation alcaline des naphtylamines avec les nitranilines permet d'obtenir des colorants aminoazoïques et en particulier des naphtalènazo-anilines non obtenables par les procédés habituels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse d'acides αβ-éthyléniques à l'aide de l'éthoxyacétylène.* Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une nouvelle synthèse d'aldéhydes éthyléniques a été décrite par Arens et Van Dorp [1] dans leur synthèse de la vitamine A. Le carbinol (II) obtenu par condensation du magnésien de l'éthoxyacétylène avec la cétone (I) fut semihydrogéné en (III) qui, par agitation de sa solution éthérée avec un acide minéral dilué donna (IV) finalement réduit en vitamine A.

$$\underset{\text{(I)}}{R{-}CO(CH_3)} \rightarrow \underset{\text{(II)}}{R{-}C(OH)(CH_3){-}C{\equiv}C{-}OC_2H_5} \qquad \underset{\text{(III)}}{R{-}C(OH)(CH_3){-}CH{=}CH{-}OC_2H_5} \qquad \underset{\text{(IV)}}{R{-}C(CH_3){=}CH{-}CHO}$$

R = (cycle triméthylcyclohexényle)–CH=CH–C(CH₃)=CH–CH=CH–

(cycle triméthylcyclohexényle)–CH=CH–C(CH₃)=CH–CH=CH–C(CH₃)=CH–CH₂OH

(Vitamine A.)

De même, la β-ionone donna l'aldéhyde β-ionylidène acétique.

Au cours d'une étude de cette réaction, cette dernière préparation a été répétée et la méthode a été appliquée à l'acétone et la méthylvinylcétone. Les carbinols (II, $R = CH_3$ et $CH_2 = CH-$) ont été isolés avec des rendements de 60 et 30 % et donnèrent respectivement la ββ-diméthylacroléine (V) et l'aldéhyde (VI)

$$\underset{\text{(V)}}{(CH_3)_2C{=}CH{-}CHO} \qquad \underset{\text{(VI)}}{CH_2{=}CH{-}C(CH_3){=}CH{-}CHO}$$

L'éthoxyacétylène s'hydrate avec une extrême facilité en présence de traces d'acides minéraux [2]. Il paraissait intéressant d'examiner le comportement des carbinols (II) à ce point de vue. Effectivement ces carbinols réagissent

(1) *Nature*, 160, 1947, p. 189.

(2) Jacobs et Coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1849; 64, 1942, p. 223; Favorski et Schtschukina, *J. Gen. Chem. Russ.*, 15, 1945, p. 385.

vivement avec les acides minéraux dilués pour donner des esters αβ-éthyléniques tels que (VII) qui, par hydrolyse, conduisent aux acides correspondants (VIII).

$$\underset{\text{(VII)}}{R-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=CH-COOC_2H_5} \qquad \underset{\text{(VIII)}}{R-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=CH-COOH}$$

Les mêmes esters (VII) seraient obtenus à partir des cétones (I) par la réaction de Réformatzki avec le bromacétate d'éthyle.

Ainsi le carbinol (II, $R = CH_3$), traité par l'acide sulfurique 2N, donna après hydrolyse l'acide ββ-diméthylacrylique avec un rendement de 55 %. Les carbinols plus fragiles n'ont pas besoin d'être isolés à l'état pur, ce qui ne va pas sans pertes. Les esters αβ-éthyléniques furent obtenus par simple agitation du carbinol brut en solution dans l'éther avec de l'acide sulfurique 2N. La méthylvinylcétone et la benzalacétone donnèrent les acides (VIII, $R = CH_2 = CH-$ et $R = C_6H_5-CH = CH-$) avec des rendements de 40 et 65 % respectivement. Avec la β-ionone et la cétone (IX) qui se prêtèrent également à la réaction, les rendements furent beaucoup moins bons.

$$\underset{\text{(IX)}}{C_6H_9-C\equiv C-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=CH-CH=CH-CO-CH_3}$$

Les détails expérimentaux seront publiés au *Journal of the Chemical Society*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité comparée du cycle lactonique des dialcoylphtalides et des 6-nitrodialcoylphtalides*. Note de MM. **Jean Vène** et **Jean Tirouflet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant les travaux déjà publiés par l'un de nous sur la stabilité du cycle lactonique des phtalides substituées ([1]), nous avons réalisé successivement la synthèse de la 3.3-méthyléthylphtalide (I) et de la 6-nitro-3.3-méthyléthylphtalide (II)

(I) [phtalide : C(CH₃)(C₂H₅)–O–C=O] (II) [idem, NO₂ sur le cycle] (III) [cycle benzénique : —CO—C₂H₅, COOH]

(I) est obtenu par action de l'iodure de méthyl-magnésium sur l'acide ortho-

([1]) J. Vène et Y. Graff, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 625; J. Vène et P. Gérard, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1115.

propionylbenzoïque (III). C'est une huile passant à 154-156° sous 17^{mm}. (I) est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène. (II) s'obtient par nitration de (I). Il cristallise dans un mélange hydroalcoolique sous forme de fines aiguilles blanches fondant à 97° (bain de Hg), insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool.

La diméthyl- et la diéthyl-phtalide ont été préparées par action de l'iodure de méthylmagnésium et du bromure d'éthylmagnésium sur l'anhydride phtalique. La nitration directe donne les dérivés 6-nitrés correspondants.

Nous avons alors examiné l'action comparée de la soude sur la diméthyl-, la diéthyl- et la méthyl-éthylphtalide et sur les dérivés nitrés correspondants.

A. *Action de la soude sur les* 3.3-*dialcoylphtalides*

$$C_6H_4\left\langle\begin{matrix} C\left\langle\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\right. \\ \rangle O \\ \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} \end{matrix}\right. + NaOH \rightarrow C_6H_4\left\langle\begin{matrix} \overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}\left\langle\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\right. \\ CO\,ONa \end{matrix}\right.$$

Les expériences ont été faites, suivant une technique déjà indiquée[1] dans les conditions suivantes :

a. à 14° en solution hydroalcoolique (34 % d'alcool éthylique à 95°) à 15M/10 000;

b. à 50° en solution hydroalcoolique (8 % d'alcool) à 15M/10 000.

Nous avons ainsi établi que, à une température donnée :

1° la vitesse d'ouverture décroît quand on passe de la diméthyl- à la méthyl-éthyl- et à la diéthyl-phtalide;

2° le pourcentage de lactone ouverte à la limite décroît également de la diméthyl- à la diéthyl-phtalide.

D'autre part, dans les trois cas, la vitesse d'ouverture croît avec la température; par contre, le pourcentage de lactone ouverte à la limite est d'autant plus faible que la température est plus élevée :

	Diméthyl-phtalide.	Méthyl-éthyl-phtalide.	Diéthyl-phtalide.
% lactone ouverte à 14° à la limite.....	60,7	34,6	6,6
» 50° »	39,3	16,6	6,3

B. *Action de la soude sur les* 6-*nitro-dialcoylphtalides*. — Des expériences analogues effectuées sur les 3 dérivés nitrés correspondants dans les conditions suivantes :

a. à 14° en solution hydroalcoolique (40 % d'alcool) à M/1000;

b. à 50° en solution hydroalcoolique (à 8 % d'alcool) à M/1000;

ont montré que :

1° La vitesse d'ouverture est considérablement accrue par l'introduction

dans la molécule d'un groupement nitré en 6 : par exemple, au bout de 10 minutes, à 50°, le pourcentage de lactone ouverte s'établit ainsi :

Diméthyl-phtalide : 32 %, 6-nitro-diméthyl-phtalide : 84 %; méthyl-éthyl-phtalide : 15 %, 6-nitro-méthyl-éthyl-phtalide : 73 %.

2° Le pourcentage de lactone ouverte à la limite est également beaucoup plus fort que dans les phtalides non nitrées.

	Nitro-diméthyl-phtalide.	Nitro-méthyl-éthyl-phtalide.	Nitro-diéthyl-phtalide.
% lactone ouverte à 14° à la limite...	97	97	81
» 50° » ...	84	73	Solubilité trop faible

3° La vitesse d'ouverture décroît quand on passe de la nitro-diméthyl- à la nitro-diéthyl-phtalide.

En résumé, les trois dialcoylphtalides étudiées se rangent de la façon suivante, par ordre de stabilité croissante de leur cycle lactonique : diméthyl-, méthyl-éthyl-, diéthyl-phtalide. D'autre part, l'introduction du groupement NO_2 en 6 dans le noyau diminue considérablement la stabilité du cycle lactonique. Ce dernier point est en accord avec les résultats acquis par A. Tasman (²) dans le cas de la nitro-phtalide et des nitro-monoalcoylphtalides en solution aqueuse. Nous poursuivons actuellement ces recherches en essayant de réaliser la synthèse de dérivés substitués en 4 et 5 afin d'étudier ensuite la stabilité de leur cycle lactonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Empêchement stérique dans les réactions de Pfitzinger avec les cétones dérivées d'éthers de xylénols.* Note de Mlle **Monique de Clercq** et M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure (¹) nous avons montré que les réactions de Pfitzinger sur les cétones dérivées des éthers de crésols étaient sensibles à l'empêchement stérique exercé par des substitutions placées en ortho par rapport à la fonction cétone. Ces résultats sont maintenant étendus à des cétones dérivées d'éthers-oxydes des diméthyl-3.4, diméthyl-2.5 et diméthyl-3.5 phénols, du thymol, et du tertiobutyl-4 métacrésol. Nous avons essayé la condensation de ces cétones avec l'isatine et la bromo-5 isatine dans les conditions déjà indiquées. Les résultats suivants ont été obtenus :

I. *Série du diméthyl-3.4 phénol.* — *a.* Les cétones suivantes *ont réagi :*

(²) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **46**, 1927, p. 653.

(¹) M. De Clercq et Buu-Hoï, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1251.

Diméthyl-4.5 méthoxy-2 acétophénone	(2) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COCH_3$	$É_{25}$ 182°, F 58° (semicarb. F 222°)
» propiophénone	(2) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COC_2H_5$	$É_{25}$ 190°, F 69° (semicarb. F 207°)
» phénacétophénone	(2) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COCH_2C_6H_5$	$É_{20}$ 238°.
Diméthyl-4.5 isoamyloxy-2 acétophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COCH_3$	$É_{12}$ 170° (semicarb. F 167°).
» propiophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COC_2H_5$	$É_{15}$ 175-185°, F 60°.
» phénacétophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COCH_2C_6H_5$	$É_{13}$ 240-245° (semicarb. F 199°)

b. Les cétones suivantes *n'ont pas sensiblement réagi* :

Diméthyl-4.5 méthoxy-2 butyrophénone	(2) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COC_3H_7$	E_{13} 171°, F 54°.
Diméthyl-4.5 isoamyloxy-2 butyrophénone	(2) $C_5H_{11}O.C_6H_2(CH_3)_{2(4.5)}COC_3H_7$	E_{13} 182°, F 54°.

II. *Série du diméthyl-2.5 phénol*. — *a*. Les cétones suivantes *ont réagi* :

Diméthyl-2.5 propoxy-4 acétophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COCH_3$	E_{20} 195-198° (semic. F 178-179°)
» propiophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COC_2H_5$	E_{15} 198°, F 48° (semicarb. F 169°)
» phénacétophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COCH_2C_6H_5$	E_{13} 264° (semicarb. F 159°).
Diméthyl-2.5 butoxy-4 acétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COCH_3$	E_{13} 175°.

b. Les cétones suivantes *n'ont pas réagi notablement* :

Diméthyl-2.5 propoxy-4 butyrophénone	(4) $C_3H_7O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COC_3H_7$	E_{12} 187-190°.
Diméthyl-2.5 butoxy-4 propiophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COC_2H_5$	E_{12} 185°.
» butyrophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COC_3H_7$	E_{13} 198°, F 40°.
» phénacétophénone	(4) $C_4H_9O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.5)}COCH_2C_6H_5$	E_{13} 270°.

Ainsi se trouvent montrés l'empêchement stérique produit par un groupe méthyle en ortho, et l'accroissement de cet empêchement par allongement de la chaîne de la fonction éther en para.

III. *Série du diméthyl-3.5 phénol*. — La présence de deux groupements méthyle en ortho apporte un empêchement stérique considérable. *a*. Cétone *ayant réagi* :

Diméthyl-2.6 méthoxy-4 acétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.6)}COCH_3$	$É_{20}$ 155°, F 48° (semicarb. F 193°)

b. Cétones *n'ayant pas réagi* :

Diméthyl-2.6 méthoxy-4 propiophénone	(4) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.6)}COC_2H_5$	E_{15} 154°, F 76°.
Diméthyl-2.6 méthoxy-4 phénacétophénone	(4) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{2(2.6)}COCH_2C_6H_5$	$É_{20}$ 217-220°.

IV. *Séries du thymol et du tertiobutyl 4-métacrésol*. — Les cétones suivantes ont *réagi aisément* :

Méthyl-2 isopropyl-5 éthoxy-4 acétophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_2(CH_3)_{(2)}(i.C_3H_7)_{(5)}COCH_3$	E_{16} 162°, F 42°.
Méthyl-2 isopropyl-5 éthoxy-4 propiophénone	(4) $C_2H_5O.C_6H_2(CH_3)_{(2)}(i.C_3H_7)_{(5)}COC_2H_5$	$É_{16}$ 175°, F 35°.
Méthyl-4 tertiobutyl-3 méthoxy-2 propiophénone	(2) $CH_3O.C_6H_2(CH_3)_{(4)}(t.C_4H_9)_{(3)}COC_2H_5$	$É_{15}$ 180°, F 72°.

V. *Quelques dérivés quinoléiques obtenus.* — Au cours de ces recherches, nous avons obtenu une série d'acides cinchoniniques et de quinoléines provenant de la décarboxylation de ceux-ci. Voici quelques-uns de ces corps :

Acide (diméthyl-4'.5' méthoxy-2' phényl)-2 cinchoninique (F 273°, quinoléine F 164°); acides méthyl-3 (diméthyl-4'.5' méthoxy-2' phényl) (F > 312°, quinoléine F 120-121°), phényl-3 (diméthyl-4'.5' méthoxy-2' phényl) (F 306°, quinoléine F 122°), (diméthyl-4'.5' isoamyloxy-2' phényl) (F 237°), méthyl-3 (diméthyl-4'.5' isoamyloxy-2' phényl (F > 312°), phényl-3 (diméthyl-4'.5' isoamyloxy-2' phényl) (F > 310°), (méthyl-2' isopropyl-5' méthoxy-4' phényl) (F 195°), méthyl-3 (méthyl-2' isopropyl-5' éthoxy-4' phényl) (F 297°), méthyl-3 (méthyl-4' tertiobutyl-3' méthoxy-2' phényl) (F > 312°), diméthyl-2'.5' propoxyphényl) (F 213°, quinoléine F 107°), méthyl-3 (diméthyl-2'.5' propoxyphényl) (F 300°, quinoléine F 101°), phényl-3 (diméthyl-2'.5' propoxyphényl) (F 285°), (diméthyl-2'.6' méthoxy-4' phényl) (F 243°, quinoléine F 70°), bromo-6 (diméthy-2'.6' méthoxy-4' phényl)-2 cinchoninique (F 254°) (*voir* détails dans la thèse de l'un de nous : M. D. C.).

En conclusion de cette série de recherches, il apparaît que la réaction de Pfitzinger est extrêmement sensible à l'empêchement stérique. Cet effet se fait sentir non seulement lorsqu'il existe des substituants en ortho, mais encore lorsque l'encombrement provoqué par ces derniers est aggravé par la présence de radicaux volumineux et ramifiés en para.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des acides indone-sulfoniques.* Note de MM. **Dimitre Ivanoff** et **Tchavdar Ivanoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé qu'en traitant à température ordinaire des acides β-hydroxypropanoïques arylsubstitués avec de l'acide sulfurique concentré, les indones correspondantes s'obtiennent avec des rendements de 80-90 %. Lors de ces essais, nous avons constaté que la solution de l'hydroxyacide dans l'acide sulfurique, de couleur vert-foncé, versée dans de l'eau donne, après la précipitation de l'indone, un liquide aqueux clair de couleur rouge orangé. En outre, comme nous l'avons noté, les premières eaux de lavage de la solution éthérée de l'indone sont toujours colorées de l'orange au rouge. Or, nous avons remarqué qu'en utilisant de l'acide sulfurique plus fort, par exemple, des mélanges d'acide ordinaire et d'oleum à 20 %, le rendement en indones baisse considérablement. Et même, en prenant des parties égales d'acide sulfurique et d'oleum à 20 %, nous n'avons pu isoler d'indone. En versant dans l'eau une pareille solution sulfurique de l'acide triphényl-2.3.3 hydroxy-3 propanoïque, on obtient une huile lourde de couleur rouge qui, après un certain temps, se transforme en une masse cireuse à structure cristalline.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1199.

L'huile rouge, de même que la masse cireuse, sont solubles dans l'eau pure. En ajoutant à cette solution une certaine proportion d'acide sulfurique concentré, l'huile se sépare de nouveau, tandis qu'en y dissolvant du sel marin, il se sépare un précipité cristallin orangé. Celui-ci, recristallisé dans de l'alcool, donne des cristaux orangés qui fondenl à 278-280° et sont facilement solubles dans l'eau. Les mêmes cristaux se forment si la solution aqueuse est neutralisée avec de la soude caustique, puis évaporée. Il s'ensuit que, sous l'action de l'acide sulfurique, contenant de l'anhydride sulfurique, l'indone formée se transforme en un produit à propriétés acides, soluble dans l'eau. Le même produit s'obtient en traitant directement la diphényl-2.3 indone avec de l'acide sulfurique, contenant de l'anhydride sulfurique. Nous avons admis que, dans ces conditions, l'indone subit une sulfonation et que le produit formé, soluble dans l'eau, est un représentant du groupe des acides indone-sulfoniques, non connu jusqu'à présent. En effet, les analyses des cristaux, obtenus en traitant la solution de l'huile rouge avec du sel marin, donnent pour C et H des valeurs qui concordent avec celles de la formule $C_{21}H_{13}OSO_3Na$. Les analyses du sel de baryum (obtenu au moyen de Cl_2Ba et recristallisé dans de l'alcool) donnent pour le baryum des valeurs qui concordent avec la formule

$$(C_{21}H_{13}OSO_3)_2Ba.$$

Pour déterminer la structure de l'acide indone-sulfonique obtenu dans ces conditions, ou plutôt la position du groupe sulfonique, nous avons oxydé le sel de sodium en solution aqueuse au moyen de permanganate de potassium. Le liquide clair, obtenu après l'élimination de MnO_2 et concentration, donne en acidifiant des cristaux incolores. Ces cristaux, purifiés par recristallisation dans de l'acétone et de l'éther de pétrole, fondent à 126-127° et le point de fusion mixte avec de l'acide ortho-benzoyl-benzoïque ne donne pas de dépression. Donc contrairement à nos prévisions la sulfonation de la diphénylindone se fait non pas en position 6 (en méta par rapport du groupe cétonique), mais dans le noyau benzénique en position 2. Dans ce cas, parmi les produits de l'oxydation on doit trouver un acide sulfobenzoïque. En effet, le filtrat de l'acide *o*-benzoyl-benzoïque, après neutralisation et évaporation, donne quelques fractions cristallisées. Deux de ces fractions constituent des sels d'acides organiques (chauffés sur une plaque métallique elles se carbonisent). Comme l'identification des acides sulfobenzoïques est difficile, les cristaux récoltés ont été soumis à une fusion alcaline. L'acide obtenu, après recristallisation dans l'eau, fond à 210-211° et le point de fusion mixte avec de l'acide *p*-hydroxy-benzoïque ne donne pas de dépression. Et comme lors de la fusion alcaline des acides sulfobenzoïques on n'a jusqu'ici pas observé une transposition du groupe sulfonique (resp. du groupe hydroxyle), il s'ensuit que dans l'acide diphényl-2.3 indone-sulfonique le groupe sulfonique se trouve en para dans le noyau benzénique en position 2.

Sa structure s'exprimerait donc par la formule suivante :

$—C_6H_5$ $—SO_3H$ CO

Des acides indone-sulfoniques s'obtiennent facilement de la même façon à partir d'autres acides β-hydroxypropanoïques, portant en 2 un groupe phénylique. Ainsi l'acide phényl-2 di-*p*-tolyl-3.3 hydroxy-3 propanoïque donne un acide indone-sulfonique, dont les analyses du sel de sodium (dosage de C et H) concordent bien avec la formule $C_{23}H_{17}OSO_3Na$.

Les acides indone-sulfoniques ainsi obtenus sont des vrais colorants; ils teignent bien les fils de laine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pyrogénation des calcaires bitumineux générateurs du thiophène et de ses homologues.* Note de M. **Marius Picon**, présentée par M. Paul Lebeau.

On trouve dans le Tyrol et dans l'Ain des calcaires bitumineux, formés par sédimentation, dont la pyrogénation donne des huiles contenant généralement plus de 50 % des homologues du thiophène.

L'analyse du calcaire bitumineux d'Orbagnoux (Ain) nous a fourni les résultats suivants : CO_3Ca 78,6 %; CO_3Mg 4,3 %; SiO_2 1,64 %; O_3Fe_2 et O_3Al_2 0,76 %; P_2O_5 néant; $SO_4Ca.2OH_2$ 1,25 %; pyrite présence douteuse; matières organiques 12,5 à 15,7 %; N 0,06 %; S 2,2 à 2,9 %.

La matière organique peut être obtenue après des traitements par l'acide chlorhydrique à 10 %, des lavages à l'eau et une dessiccation dans le vide. Elle contient encore près de 15 % de son poids de silicates. Épuisée par le benzène sec, elle fournit une fraction soluble qui correspond à 17 % du produit traité. Cet extrait benzénique donne par pyrogénation un rendement de plus de 90 % en huile. Voici les compositions élémentaires de ces divers produits. On peut remarquer qu'elles sont assez voisines.

	C.	H.	S.	N.	O.
Matière organique totale.......	68,24	8,08	18,17	0,8	4,71
Extrait benzénique............	69,62	8,88	18,31	0,4	2,79
Huile de pyrogénation dans le vide de l'extrait benzénique..	71,48	9,28	16,05	3,19 (N + O)	

Contrairement aux théories actuellement admises, le soufre à l'état minéral du calcaire n'intervient pas dans la génération des thiophènes. Le sulfate de calcium du produit initial se retrouve dans les résidus de pyrogénation. La matière organique a une richesse en soufre supérieure à celle des thiophènes recueillis. L'extrait benzénique exempt de matières minérales fournit les mêmes huiles à thiophènes.

Les essais de pyrogénation faits, soit dans le vide, soit à la pression ordi-

naire et en assurant une montée très régulière de la température, ont montré que les dégagements de SH_2 et d'huile se produisent semblablement dans les deux cas. Le gaz se dégage partiellement avant l'huile et surtout à 400°. L'huile distille entre 350 et 580°. Les fractions recueillies varient presque proportionnellement en poids avec le temps et la montée concomitante de la température. Un chauffage très rapide, d'une durée inférieure à dix minutes, est suffisant.

Nous pouvons ainsi conclure que les homologues du thiophène constituants des huiles de pyrogénation ne sont pas préformés dans le calcaire, mais qu'ils sont rapidement et facilement libérés par la matière organique et, en particulier, par la fraction de celle-ci soluble dans le benzène. Ce n'est pas réellement un cracking, mais une sorte de dépolymérisation.

Le fractionnement thermique effectué de 100 en 100°, suivant la méthode de M. Lebeau pour les combustibles, indique un maximum relatif de dégagement gazeux à 400°, ($32^{m^3},67$) de SH_2 à la tonne et 10,3 de CO_2. Les carbures saturés sont recueillis de 400 à 600° avec maximum à 500°. La partie minérale très riche en carbonates donne naissance à un fort maximum de CO et CO_2 à 800°. Si l'on élimine ces carbonates, le maximum des gaz s'observe à 400°, ($28^{m^3},79$) et un maximum relatif ($25^{m^3},5$) à 800° dû à H_2 et CO. Finalement, on constate que les carbures gazeux se forment simultanément avec l'huile de pyrogénation et surtout à 400° et 500°, que la perte de soufre de la matière organique est due à la formation de SH_2, que le maximum relatif à 800° rapproche plus ce calcaire de sédimentation des houilles que des lignites. La soude caustique ne se colore, du reste, nullement au contact des calcaires bitumineux.

La très faible proportion d'azote existant dans la matière organique naturelle s'oppose à la richesse en soufre. Cependant, Treibs, en 1934, a signalé, dans le calcaire autrichien, la présence de petites quantités d'étioporphyrine attestant une origine chlorophyllienne et même de traces de mésoporphyrine dérivée de l'hémine animale. Il est ainsi logique d'émettre l'hypothèse que la richesse en soufre des calcaires bitumineux tient au fait que ces derniers, contrairement aux schistes silicatés, évitent un pH acide et orientent les processus de dégradations bactériennes des matières organiques vers une perte en azote et une fixation du soufre. On est amené à penser que S a pris la place du radical NH dans les noyaux pyrrols substitués de la chlorophylle et des porphyrines. Ce fait a déjà été observé par les organiciens avec l'intermédiaire du furane, c'est-à-dire le remplacement dans le noyau pyrrol de NH par O avec dégagement de NH_3, puis la substitution de S à O sous l'action de SH_2.

Il semble donc que l'origine des thiophènes puisse être rapportée à des noyaux thiophène substitués comme le sont ceux du pyrrol dans la chlorophylle, la matière organique restant condensée par l'union des noyaux. La pyrogénation correspond alors à une dépolymérisation de ces dérivés thiophéniques condensés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme de la désamination nitreuse des α-amino-alcools. Influence du milieu réactionnel.* II. *Désamination en milieu anhydre.* Note de M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une première Note (¹) nous avons montré que certains α-amino-alcools, désaminés par le nitrite de sodium en présence d'un grand excès d'acide chlorhydrique, fournissaient des quantités notables de chlorhydrines C correspondantes

$$R_1R_2C(OH)-C(\overset{(+)}{N}H_3)R_3R_4\;\; Cl^{(-)} \xrightarrow{HONO+HCl} \underset{(A)}{R_1R_2C(OH)-\overset{(+)}{C}R_3R_4} \rightleftarrows \underset{(D)}{R_1R_2C(O^{(-)})-\overset{(+)}{C}R_3R_4}$$

$$(A) \xrightarrow{H-O^{(-)}} \underset{(B)}{R_1R_2C(OH)-C(OH)R_3R_4} \qquad (A) \xrightarrow{Cl^{(-)}} \underset{(C)}{R_1R_2C(OH)-C(Cl)R_3R_4} \qquad (D) \rightarrow R_2-\underset{\|}{C}(O)-CR_1R_3R_4$$

D'autres amino-alcools, au contraire, fournissaient presque uniquement des cétones, indépendamment de la concentration en acide chlorhydrique du milieu réactionnel.

Par suite de la solubilité très réduite des chlorhydrates de certains amino-alcools dans l'acide chlorhydrique concentré, nous avions le plus souvent opéré en milieu hydro-dioxanique. Nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant d'étudier la désamination de ces amino-alcools en milieu dioxanique anhydre. Comme on sait que l'acide chlorhydrique en milieu anhydre est sans action sur le nitrite de sodium, nous nous sommes adressé aux nitrites organiques (nitrite de butyle et d'éthyle) comme générateurs d'acide nitreux en milieu anhydre (²).

En opérant ainsi, nous avons pu constater que les amino-alcools examinés précédemment se comportent d'une façon très différente selon que leur désami-

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 819.

(²) Il y a lieu de remarquer qu'il se forme de l'eau au cours de la réaction ; le milieu réactionnel ne reste donc pas rigoureusement anhydre :

$$R-NH_2.HCl + HONO \rightarrow R-\overset{(+)}{N}\equiv N \;\; Cl^{(-)} + 2H_2O$$

et

$$2HONO \text{ (en excès)} \rightarrow NO + NO_2 + H_2O.$$

nation est effectuée : *a*. en milieu hydro-dioxanique (env. 35 : 65) au moyen d'un nitrite quelconque, ou *b*. en milieu dioxanique anhydre au moyen d'un nitrite organique.

En effet, alors que le $(C_6H_5)_2COH—CH_2NH_2$ fournissait presque uniquement de la désoxybenzoïne en opérant selon la première technique *a*, il a donné 25 % de chlorhydrine en opérant suivant la technique *b* ([3]). De même, le $(C_6H_5CH_2)_2COH—CHNH_2—C_6H_5$ et le $(C_6H_5)_2COH—CHNH_2—C_6H_5$, qui fournissaient respectivement 40 et 20 % ([4]) de chlorhydrines (*chloro*-1 *benzyl*-2 *diphényl*-1.3 *propanol*-2, $C_{22}H_{21}OCl$, F 124°,5-125°,5, et *chloro*-2 *triphényl*-1.1.2 *éthanol*-1, $C_{20}H_{17}OCl$, F 84°,5-85°,5) avec la technique *a*, en fournissent chacun plus de 80 % avec la technique *b*.

Du fait que les produits de la réaction sont sensiblement les mêmes si l'on substitue au nitrite de sodium en milieu hydro-dioxanique un nitrite organique, il faut attribuer, à la teneur variable en eau du milieu réactionnel, les différences observées dans les produits de la désamination de ces amino-alcools suivant ces deux techniques.

Ces faits apportent une confirmation de plus à la formation intermédiaire d'un ion carbonium A lors de la désamination nitreuse des α-amino-alcools.

En effet, d'après le schéma ci-dessus, une augmentation de la concentration des ions $Cl^{(-)}$ dans le milieu réactionnel aux dépens de celle des ions $OH^{(-)}$ doit provoquer une augmentation de la quantité de chlorhydrine C formée dans la réaction, au détriment du glycol B ([5]). Or, l'expérience a confirmé ces prévisions dans tous les cas étudiés, au point que, pour deux des amino-alcools, l'obtention de chlorhydrine devient exclusive.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des interactions de l'acide nitrique et de la 2.4-dinitrodiméthylaniline*. Note (*) de M. **François-Michel Lang**, présentée par M. Louis Hackspill.

De nouvelles expériences nous ont permis de compléter nos vues ([1]), ([2]), ([3])

([3]) Dans ce dernier cas, on isole à la fin de la réaction non pas de la désoxybenzoïne, mais du benzile formé par l'action sur celle-ci de l'acide nitreux en excès.

([4]) C'est par erreur que nous avons indiqué dans notre première Note (*loc. cit.*) que cet amino-alcool fournissait presque uniquement la cétone transposée correspondante.

([5]) Il semblerait cependant que la quantité de cétone formée dans la réaction serait également influencée par la concentration en ions $OH^{(-)}$ du milieu réactionnel, ce qui mettrait en doute la formation intermédiaire de l'ion bipolaire D, question sur laquelle il faudra revenir ultérieurement.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) F. M. Lang, *Thèse*, Faculté des Sciences, Paris, 6 janvier 1948.

([2]) F. M. Lang, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1381.

([3]) *Ibid.*, **227**, 1948, p. 849.

sur le mécanisme des interactions entre l'acide nitrique et la 2.4-dinitrodiméthylaniline.

Nous avons pu démontrer que les produits formés sont de même nature que ceux obtenus en faisant agir la 2.4-dinitromonométhylaniline sur l'acide nitrique en présence de vapeurs nitreuses; nous en avons déduit le passage très probable par le dérivé monométhylé lorsque la 2.4-dinitrodiméthylaniline est oxydée par NO_3H, en donnant naissance à des vapeurs nitreuses.

A. Sans vapeurs nitreuses, l'acide nitrique de concentration $\leqq 70$ % est sans action sensible sur la 2.4-dinitromonométhylaniline. Avec de l'acide plus concentré, il se forme de la N *nitro*-N *méthyl* 2.4-*dinitroaniline par nitration vraie*; nous n'avons pas trouvé trace de dérivés nitrosés dans les mélanges obtenus par précipitation dans l'eau glacée du milieu réactionnel aux divers stades de son évolution. De même par nitration vraie, la 2.4.6-trinitromonométhylaniline se transforme en N nitro-N méthyl 2.4.6-trinitroaniline par action de NO_3H de concentration $\geqq 70$ %.

B. En présence de vapeurs nitreuses nous avons obtenu les dérivés N-nitrosés. A forte dilution les réactions sont gênées par l'hétérogénéité du milieu (les divers produits en présence n'étant pas solubles dans NO_3H à faible concentration). Mais avec NO_3H 40 % nous avons obtenu à partir de la 2.4-dinitrodiméthylaniline, ou de la 2.4-dinitromonométhylaniline en présence d'un excès de vapeurs nitreuses, de la *N nitroso-N méthyl* 2.4-*dinitroaniline* presque pure. En augmentant la concentration de l'acide, la réaction évolue de plus en plus rapidement avec formation de *N nitroso-N méthyl* 2.4.6-*trinitroaniline*.

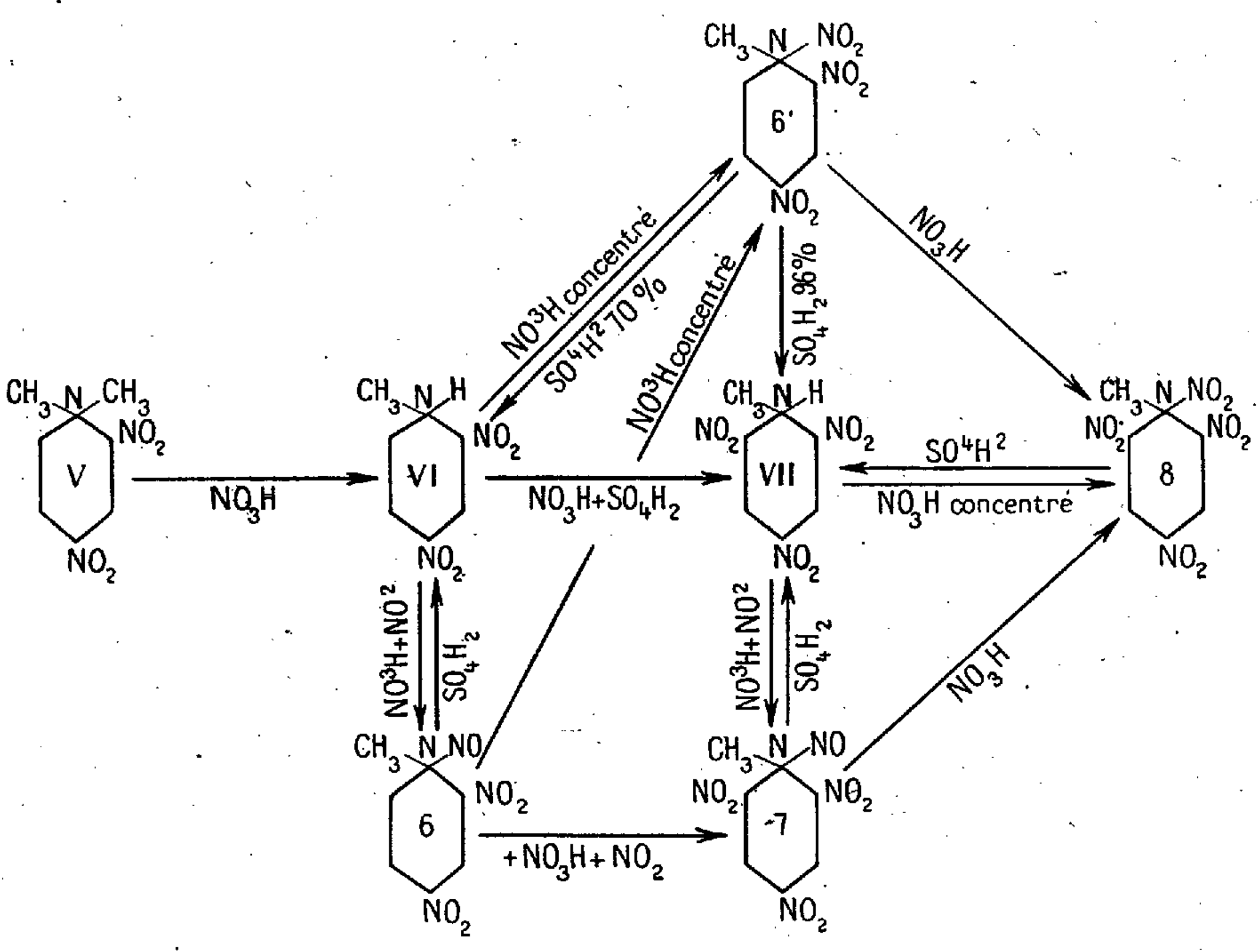
Avec des acides de concentration > 70 %, en présence de vapeurs nitreuses, la nitration vraie et la nitrosation ont lieu simultanément. Nous avons pu vérifier la présence de dérivé N-nitrosé dans les mélanges obtenus au moyen d'acide nitrique 99 %.

Alors que la N-nitroso N-méthyl 2.4-dinitroaniline se transforme simplement en dérivé N-nitrosé trinitré sur le noyau par action des acides de concentration $\leqq 70$ %, elle donne aussi partiellement naissance à la N-nitro N-méthyl 2.4-dinitroaniline lorsqu'on s'adresse à de l'acide nitrique plus concentré.

Le groupement NO est chassé par le groupement NO_2 provenant de l'acide nitrique sous sa forme covalente libre NO_2OH.

L'acide sulfurique concentré détruit les dérivés N-nitrosés conduisant aux dérivés monométhylés correspondants. Il transforme la N-nitro N-méthyl 2.4-dinitroaniline en 2.4-dinitromonométhylaniline lorsqu'il a une concentration voisine de 70 %; par contre à forte concentration (96 %) il donne naissance à la 2.4.6-trinitromonométhylaniline.

Ces résultats sont schématisés sur le tableau ci-dessous :



Interactions de l'acide nitrique et de la 2.4-dinitrodiméthylaniline.

En conclusion. — 1° La 2.4-dinitrodiméthylaniline en présence d'acide nitrique en excès, conduisent *toujours à des dérivés nitrosés* chaque fois qu'il y a *présence de vapeurs nitreuses* dans le milieu réactionnel, soit par apport extérieur, soit par oxydoréduction entre la matière organique et l'acide nitrique.

2° La *nitration vraie* (fixation de l'entité nitrante $\overset{+}{N}O_2$) ne peut avoir lieu que dans des acides relativement concentrés où l'acide nitrique se trouve sous sa forme covalente libre $NO_2—OH$ (conc. $\geqq 70\%$).

3° Les dérivés N-nitrosés et la N-nitro N-méthyl 2.4-dinitroaniline sont détruits par l'acide sulfurique concentré; ceci explique qu'on ne peut pas les préparer par action des milieux sulfonitriques.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Gothlandien supérieur et du Dévonien en Grande Kabylie (Algérie).* Note de MM. **André Barbier**, **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Silurien et le Dévonien ont été découverts en 1922 par F. Ehrmann au Sud de Djidjelli (1); la présence du premier de ces systèmes étant prouvée par *Monograptus* cf. *galænsis* Lapw. du Tarannon (dét. G. Elles), celle du

(1) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1716.

second par des Tentaculites. Le Gothlandien a été trouvé en 1947 par G. Lucas à Tifrit [2] où il est représenté par des phtanites à Graptolithes du Tarannon et du Wenlock. Ces terrains n'avaient pas encore été identifiés entre les deux régions que nous venons de citer, mais nous sommes aujourd'hui en mesure de combler cette lacune de nos connaissances.

I. A environ 8^{km} au Nord du col de Chellata, dans le Douar Illoula ou Malou, le village d'Ihamziène est bâti sur le flanc ouest d'une colline dont la crête est constituée par des calcaires et des schistes. Cette bande, orientée au Nord-Est et qui passe au point de coordonnées 657,15-364,10, est marquée en Lias sur la carte géologique de Fort-National. Elle se compose en réalité de Silurien et de Dévonien étroitement associés. Le Gothlandien se montre sous un faciès de calcaires en gros bancs (50^{cm} à 1^{m}) formant des rochers à cassure gris bleuté. Nous y avons récolté de nombreux lobolithes, des calices et des tiges de *Scyphocrinus elegans* Zenker, *Platyostoma exsurgens* Barrande, *Orthonychia* sp., *Orthoceras* sp. (généralement en sections), Trilobites indéterminables, et *Favosites gothlandica* Goldfuss. Sur la limite sud-est de la bande calcaire, laquelle atteint 30^{m} d'épaisseur, nous avons brisé un nodule renfermant *Cardiola cornucopiæ* et des Orthocères. Une telle faune appartient soit au Wenlock supérieur soit au Ludlow inférieur, mais à coup sûr à la partie haute du Gothlandien. Elle offre un cachet nettement barrandien et s'apparente aux faunes du Maroc. Le Crinoïde est connu en Europe centrale (Bohême), dans les Pyrénées, en Amérique (Missouri) et en plusieurs points du Maroc. Ses lobolithes se rencontrent moins fréquemment que ses calices, mais nous pouvons les citer du Tafilelt et du Tamlelt : les échantillons d'Ihamziène sont même étroitement comparables aux magnifiques spécimens recueillis en 1947 par M. l'abbé Lavocat. C'est un exemple de *shelly facies* qui s'oppose et, probablement, succède au faciès graphtolithique de Djidjelli et de Tifrit. Une telle dualité semble d'ores et déjà comparable à celle que l'on connaît au Maroc [3].

La bande de Gothlandien est flanquée au Nord-Ouest par du Dévonien qui comprend des calcaires en lits petits ou moyens ainsi que des calcschites blancs et rouges. Ces différentes couches nous ont fourni des Goniatites (certaines mais indéterminables parce qu'elles sont en section), des Orthocènes, *Novakia acuaria* Rein. Richter, *Styliolina* sp., Trilobite indéterminable Encrines, *Fistulipora* sp. Cette maigre liste est insuffisante pour fixer un étage, mais l'aspect des Goniatites ne permet pas de les placer dans l'Eodévonien. On sait que les calcaires et les schistes à *Novakia* et *Styliolina* sont très développés dans l'Eifélien du Maroc. D'autre part, c'est à ces deux genres que nous rapportons les Tentaculites recueillis par F. Ehrmann aux Beni Afeur.

---

(2) *C. R. som. S. G. F.*, n° 8, 26 avril 1948, p. 152.

(3) H. Termier, *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, 33, 1936; A. Lambert, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 414.

II. A l'Ouest des gorges de Palestro, sur les pentes nord-ouest du Djebel Amed, à 40^m à l'Ouest de la cote 489 (point 573,85/370,76), des schistes verdâtres ont fourni à A. Lambert ([4]) et à nous-mêmes : *Plicochonetes* cf. *plebeja* Schnur, *Beyrichia* sp., cf. *Trochonema*, Lamellibranches indéterminables, Blastoïdes (moules internes), *Favosites* sp. Malgré sa pauvreté, cette faunule indique l'*Eodévonien*. 600^m au Nord-Nord-Ouest du sommet signalé du Djebel Amed, près d'une source, nous avons trouvé avec A. Lambert : *Syringaxon* cf. *bohemica*, *Novakia* sp., et un Trilobite indéterminable, dans des schistes et des calcaires en plaquettes. L'association du Polypier et du Tentaculite désigne le *Mésodévonien*.

Conclusions. — 1. Les couches à petits Tentaculites d'Ihamziène et du Djebel Ahmed sont vraisemblablement plus anciennes que les couches à grands Tentaculites, Bryozoaires et Crinoïdes du Chenoua ([5]) que, d'accord avec J. Péneau, nous aurions tendance à ranger dans le Néodévonien. A l'heure actuelle, nous connaissons en Algérie deux niveaux dans l'Ordovicien, trois dans le Gothlandien et trois dans le Dévonien.

2. Le Dévonien du Djebel Ahmed n'est pas métamorphique et semble bien reposer sur des séricitoschistes plus anciens. Il faut se demander s'il a été réfractaire à des influences transformatrices qui se seraient produites après son dépôt ou s'il est postérieur au métamorphisme régional de la Grande Kabylie et du Massif d'Alger. De même, le Gothlandien et le Dévonien d'Ihamziène ne contiennent pas de minéraux de néoformation et ne sont pas recristallisés, mais on doit faire à leur sujet une troisième hypothèse : ils représentent peut-être un lambeau charrié provenant d'une zone non métamorphique.

GÉOLOGIE. — *Succession des phases de déformation en Bas-Languedoc*. Note de MM. **Maurice Dreyfuss** et **Maurice Gottis**, présentée par M. Paul Fallot.

On a longtemps admis que la tectonique du Bas-Languedoc résulte seulement des deux phases orogéniques tertiaires, pyrénéenne et alpine. En fait, de multiples mouvements, aux conséquences variées, sont intervenus à diverses reprises dans cette région au cours du Tertiaire et même du Secondaire.

Le mouvement secondaire le plus ancien qui ait été mis en évidence à ce jour, date du Lias ([1]) : dans la vallée de la Vis existe à ce niveau une lacune, accompagnée de discordances angulaires atteignant 30°; s'atténuant vers le Sud, elle se manifeste près de Caucanas par la superposition directe de la dolomie bathonienne à la partie moyenne de l'Hettangien.

([4]) *C. R. som. S. G. F.*, 19 mars 1945, p. 75.

([5]) J. Flandrin et A. Lambert, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 626.

([1]) M. Dreyfuss, *C. R. som. S. G. F.*, 1936, p. 269-270; *Bull. Serv. Carte géol.*, n° **197**, 1937, p. 171-173.

D'importantes variations de faciès et de puissance témoignent de mouvements à grand rayon de courbure au cours du Callovien : cet étage, calcaréo-marneux au pic Saint-Loup où il mesure 92^m, devient calcaire et dolomitique à Viols-le-Fort, à 10^{km} seulement à l'Ouest, où sa puissance visible atteint 365^m.

Le hard-ground bien connu ([2]) de la base de l'Argovien, encroûte à la mare des Matelettes, près de Viols-le-Fort, le miroir de petites failles affectant le Callovien supérieur.

Dans le chaînon de la Gardiole, une faille d'âge Kimméridgien sépare deux compartiments où la puissance passe du simple au double (M. G.) (100 à 190^m) pour le Kimméridgien inférieur.

Pendant le Crétacé, le bombement classique auquel correspond l'isthme durancien n'a pas été le seul mouvement :

Une faille contemporaine de la sédimentation a été mise en évidence récemment par l'un de nous (M. G.) près de Saint-Clément (Gard), sur la bordure d'un panneau monoclinal jurassique connu sous le nom de *Bois de Paris*.

La discordance des dépôts détritiques daniens en bordure du bassin de Villeveyrac ([2]), sur le Jurassique supérieur, ou ceux de l'Éocène inférieur près de la Valette sur le Crétacé ([3]) et à l'Est de Saint-Bauzille de la Silve sur le Jurassique, témoigne d'une phase de plissements peut-être antécénomanienne.

Près de Grabels, un important mouvement orogénique antélutétien a été mis en évidence ([4]); les calcaires à *Pl. pseudoammonius* reposent en effet, au Nord de la Paillade, sur le Jurassique supérieur vigoureusement plissé; à 1^{km} plus au Nord, une épaisse série détritique, d'âge éocène inférieur, les sépare du Secondaire.

Des conglomérats de piedmont, d'âge probablement oligocène inférieur, témoignent dans le *pli de Montpellier* d'une orogénèse dont la discordance du Bouis ([5]) (calcaires à *Pot. aporoschema* reposant verticalement sur l'Éocène supérieur et le Lutétien renversé à 45°) vient confirmer la généralité.

La transgression du Miocène est très souvent accompagnée d'une discordance, notamment à Vendargues, où la mollasse repose avec un plongement de 40° Nord sur le Jurassique supérieur renversé, à pendage Sud ([5]).

Une faille post-miocène sépare le bassin mollassique de Gigean du chaînon jurassique de la Gardiole ([6]).

Enfin, tandis qu'à l'Est de Vendargues, le Pliocène recouvre horizontalement

---

([2]) MM. GOTTIS et H. TINTANT, *Revue de l'Institut français du Pétrole* (à l'impression).

([3]) ROMAN, *Thèse*; et observations inédites de l'un de nous (M. G.).

([4]) M. DREYFUSS, *B. S. G. F.*, (5), XIV, 1943, p. 431-434; *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 203, 1940, p. 159-162.

([5]) M. DREYFUSS et M. GOTTIS, *B. S. G. F.*, (5), XVII, 1947, p. 293-300; M. DREYFUSS, *Bull. Soc. Languedoc. de Géographie*, 2e série, 21, 1941, p. 53-100.

([6]) Feuille de Montpellier au 1/80000e, 2e édition.

le Miocène plissé, le Pliocène lui-même est déformé près de Laverune ([6]) et faillé à Vauvert ([7]).

Ces différentes phases de déformations, dues d'ailleurs à des mouvements de nature variés (cassures, plis ou simples torsions), se sont produites aussi bien au cours de la période de sédimentation marine secondaire qu'ultérieurement, alors que la région essentiellement continentale était soumise, en dehors de quelques bassins d'accumulation, à une érosion intense. Leur connaissance est indispensable pour interpréter les accidents tectoniques du Bas-Languedoc, tels qu'ils se présentent actuellement à l'observation.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique antéstéphanienne, probablement hercynienne, du Massif Central, à l'ouest de la faille d'Argentat.* Note de M. **André Demay**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

J'ai indiqué en 1934 que les arcs orogéniques antéstéphaniens des parties orientale et médiane du Massif Central se prolongent dans la partie occidentale, à l'ouest de la faille d'Argentat.

La faille d'Argentat se traduit essentiellement, entre la Dordogne et le Lot, par la montée du panneau occidental qui met en contact les micaschistes du flanc inverse de la nappe de la Margeride ou de son substratum avec des formations plus profondes qui appartiennent au prolongement méridional de l'anticlinal de Tulle.

Il apparaît ainsi que le Cristallophyllien, à l'ouest de la faille d'Argentat, appartient au substratum de la nappe de la Margeride ou à une zone d'absorption magmatique de la base de la nappe.

La structure apparente du panneau occidental est caractérisée par l'existence de synclinaux et d'anticlinaux que définissent à la fois les pendages et le degré métamorphique.

Les couches présentent une inclinaison faible ou moyenne dans les anticlinaux, sauf pour des rides étroites de l'anticlinal de Bouillac, et souvent une inclinaison forte, parfois même subverticale, dans les synclinaux, 70 à 80° dans le synclinal de Chatres, couches subverticales près de Génis et dans la retombée sud-ouest de l'anticlinal de Tulle.

Sauf dans quelques cas, sur lesquels nous reviendrons, *la répartition du degré métamorphique apparaît partout normale :* schistes et grès non métamorphiques ou à peine modifiés, schistes séériciteux, micaschistes à muscovite et biotite, parfois à biotite seule (forges de Miremont), gneiss micaschisteux à muscovite et biotite, type le plus commun, amphibolites associées aux précédents ou intercalées dans les suivants, gneiss leptynitiques, qui, à mon sens, sont des gneiss d'imprégnation ou d'injection magmatique, gneiss d'injection

([7]) G. Denizot, *Bull. Serv. Carte géol.*, **203**, 1940, p. 169.

à muscovite et biotite, migmatites et granite migmatique calco-alcalins, bien visibles surtout dans l'anticlinal de Masseret et dans l'anticlinal de Tulle et que j'ai observés aussi sur de petits espaces dans son prolongement méridional, au sud-ouest de Saint-Cirgues.

Les seuls cas douteux sont les suivants :

a. leptynites de Masviel, recoupées par la route de Saint-Céré à Fraissinhes, qui semblent flotter, en disposition synclinale, sur des micaschistes légèrement feldspathiques;

b. paragneiss à biotite et amphibole, granite à biotite et diorite quartzifère à hornblende, laminés, transformés partiellement en orthogneiss, qui reposent sur des micaschistes à peu près francs, à l'est de Figeac, près de Saint-Céré et de Beaulieu;

c. gneiss leptynitiques supérieurs du flanc nord du synclinal d'Uzerche, qui reposent sur des gneiss micaschisteux à muscovite et biotite.

Le cas *c* peut s'expliquer sans renversement par une *injection magmatique de forme laccolitique*. Cette explication vaut peut-être aussi pour les cas *a* et *b*. Si on l'écarte, il faudrait admettre un renversement orogénique et l'existence d'une écaille tangentielle subautochtone, dans le substratum de la nappe de la Margeride.

De toute façon, les gneiss leptynitiques, même ceux dont la position est normale, appartiennent sans doute à des *laccolites*, car ils sont bien plus riches en silice et alcalis que les gneiss d'imprégnation et que le granite migmatique sous-jacents.

Les synclinaux et anticlinaux résultent presque certainement d'un plissement secondaire, postérieur à une *orogénèse essentielle d'allure tangentielle*. En effet, j'ai observé le *laminage intense de couches d'inclinaison faible ou moyenne* : orthogneiss de la cote 203, au nord-est de Figeac, pour une part gneiss d'injection de Bagnac, inclinés seulement de 30°, laminage de la diorite quartzifère à hornblende, avec des surfaces de glissement inclinées de moins de 35°, à l'est de Capdenac.

Dans les couches redressées ou subverticales, le laminage intense de certaines roches éruptives résulte aussi presque certainement de mouvements d'allure tangentielle, antérieurs au plissement secondaire : rhyolite ou microgranite de Génis, granites laminés et partiellement recristallisés, à texture fluidale, décrits par M. M. Roques dans les coupes de la Vézère et de la Cère.

Dans le cœur de l'anticlinal de Tulle, l'inclinaison est faible; mais la recristallisation semble avoir effacé complètement les traces du laminage antérieur.

On peut conclure que, si l'existence d'une écaille tangentielle subautochtone est possible sur le bord ouest de l'anticlinal de Bagnac, *le Cristallophyllien, à l'ouest de la faille d'Argentat, présente, dans l'ensemble, une succession normale, mais porte les traces de mouvements tangentiels, en grande partie effacées par les recristallisations.*

Ces mouvements ont été probablement commandés par le charriage d'une nappe qui prolongeait axialement la nappe de la Margeride mais qui a été enlevée par l'érosion. Seuls subsistent les schistes, grès, calcaires, micaschistes et paragneiss d'une série normale sous-jacente, elle-même soumise à des *injections ou à une absorption magmatique syntectoniques ou post-tectoniques, suivant les modes de la tectonique profonde.*

Ensuite se sont produits un *plissement secondaire,* parfois intense, puis la *dislocation de style rigide de la faille d'Argentat.*

Tous ces mouvements sont *antéstéphaniens et probablement hercyniens,* si l'on tient compte des conclusions auxquelles j'ai abouti plus à l'Est et, d'une manière directe, de la découverte par M. M. Roques de calcaires à entroques, intercalés dans les micaschistes et amphibolites du Bas-Limousin.

LITHOLOGIE. — *L'endoquartz et l'exoquartz dans les phosphates de chaux sédimentaires de l'Afrique du Nord.* Note de M. **Léon Visse**, présentée par M. Paul Fallot.

L'étude pétrographique des phosphates marocains conduit aux conclusions générales suivantes (1) :

1° Le quartz détritique est présent dans tous les minerais étudiés. Sa courbe granulométrique présente d'étroites analogies avec celle des pseudo olithes phosphatées (Recette III de Khouribga, par exemple).

2° Sa proportion est très variable : de 1,5 % dans un phosphate de Khouribga à 60 % dans un minerai provenant du bassin de Louis-Gentil (Grande Couche).

3° Le plus souvent, il contribue à la constitution minéralogique de l'exogangue (exoquartz), mais il existe également à l'état d'inclusions à l'intérieur de certaines pseudoolithes phosphatées (endoquartz).

L'étude systématique par la méthode habituelle (2) des minerais Nord-Africains (Sud-Tunisien et Sud-Est Constantinois) fournit des résultats sensiblement analogues. Entre autres, la présence d'endoquartz revêt un caractère de généralité que précise le tableau ci-dessous :

L'étude de ce tableau permet de faire les constatations suivantes :

1° Contrairement aux conclusions de L. Cayeux (3), l'endoquartz est présent dans tous les phosphates étudiés. Cette constatation s'étend également aux minerais non mentionnés sur le tableu : M'Dilla, Aïn-Moularès en Tunisie, et Djebel-Onk en Algérie.

---

(1) L. Visse, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 16, 1947, p. 350.

(2) *Id.*, 6, 1947, p. 120.

(3) *Les phosphates de chaux sédimentaires de France* (*France métropolitaine et France d'Outre-Mer*, Paris, 1940, p. 525).

Teneur (%) en endoquartz et exoquartz de quelques phosphates Nord-Africains.

Gisements.	1.	2.	3.	4.	5.
Rédeyeff (couche 1)..........	12,00	6,24	6	25	75
» (» 2)..........	5,76	1,44	1	22	78
Métlaoui (» 1)..........	10,15	6,19	5,5	20	80
» (» 2)..........	6,20	1,3	1	24	74
Louis-Gentil (grande couche)...	52	56	60	26	74

1. Teneur en silice et matières siliceuses des phosphates bruts (analyse chimique).
2. Teneur en silice et matières siliceuses des phosphates débourbés (analyse chimique). Ces valeurs représentent approximativement les teneurs en silice sous forme de quartz clastique.
3. Pourcentage de grains de quartz par rapport aux éléments phosphatés (analyse microscopique).
4. Pourcentage d'endoquartz sur 100 grains de quartz (analyse microscopique).
5. Pourcentage d'exoquartz sur 100 grains de quartz (analyse microscopique).

2° Les pourcentages d'endoquartz et d'exoquartz sont sensiblement constants et indépendants :

a. de la répartition géographique : ils sont identiques pour les phosphates tunisiens et marocains;

b. de l'âge du minerai : couche I et couche II des minerais tunisiens par exemple;

c. du pourcentage total des grains de quartz détritique. Le phosphate marocain de la Grande couche de Louis-Gentil avec 60 % de grains de quartz accuse des pourcentages d'endoquartz et d'exoquartz sensiblement analogues à ceux d'un phosphate de Métlaoui (couche I) dont la proportion de quartz n'est que de 6 %.

En somme, quels que soient l'âge, l'origine et la teneur en SiO_2 (exprimée en quartz déterminable optiquement), les proportions d'endoquartz et d'exoquartz sont identiques.

Cette notion, jointe à celle de l'existence même d'endoquartz dans les pseudoolithes phosphatées aura son importance dans la considération du problème de la genèse des phosphates étudiés. Pour le moins, elle retire à la théorie du transport des matériaux d'origine pélagique en milieu néritique exposée par L. Cayeux, un argument essentiel ([1]).

PÉDOLOGIE. — *Essai de pédologie expérimentale*. Note de MM. **Stéphane Hénin** et **René Bétrémieux**, présentée par M. Albert Demolon.

La pédologie affirme dans son postulat fondamental que le sol est le produit des facteurs physiques, chimiques et biologiques sur la roche mère. Sous l'influence de ces facteurs, des horizons se différencient dans le substratum initial homogène et ainsi naît le type de sol. On aurait pu s'attendre après un

([1]) *Causes anciennes et causes actuelles en Géologie*, Paris, 1941, p. 30.

tel départ que cette science s'oriente rapidement dans une voie expérimentale. En fait, il n'en a rien été et le postulat de base est resté un axiome dont l'utilité consiste surtout à autoriser le pédologue à envisager comme les différentes parties d'un même ensemble les diverses couches qui constituent le sol.

Nous avons analysé dans une Note antérieure [1] les raisons de l'orientation actuelle de la pédologie. En ce qui concerne la voie expérimentale, il semble que ce soit la lenteur des processus évolutifs qui se soit opposée à toute recherche de cette nature. Le but de cette Note est de montrer que certaines actions physicochimiques et biologiques permettent une évolution suffisamment rapide des phénomènes pour que leur étude puisse être entreprise au laboratoire.

Les expériences effectuées portent sur des effets de podsolisation. Ils ont été réalisés à l'aide d'un matériel constitué par des tubes de verre de 15^{cm} de hauteur, 5^{cm} de diamètre, remplis d'un mélange de terre provenant de l'horizon B d'un sol de limon, contenant environ 20 % d'argile, et d'un sable siliceux à grain compris entre 200 et 500^{μ} de diamètre. Les proportions de terre variaient de 5 à 20 % du mélange; dans quelques cas, on a ajouté 10 % de CO_3Ca finement broyé.

Les constatations suivantes ont pu être faites :

1° un tube percolé avec une solution de nitrate d'ammoniaque à 1^g par litre jusqu'à déplacement de Ca échangeable, lavé avec de petites quantités d'eau, subit un entraînement de l'argile commençant par le haut; la colonne de terre prend l'aspect d'un sol lessivé.

2° dans un tube rempli de terre, lavé d'abord avec des solutions $n/100$ de divers acides, ensuite par l'eau distillée, on constate les mêmes phénomènes que précédemment mais après une période plus longue.

3° dans des tubes lavés avec une solution contenant de 0,5 à 1 % de glucose additionné de 1/10 de sel d'ammonium, on voit, après huit à dix jours, un développement de fermentations aboutissant à la formation d'un gley qui finit par occuper la moitié inférieure du tube. Le filtrat, d'abord jaune verdâtre, devient franchement rouge, mais trouble, puis rouge et translucide, enfin redevient jaune verdâtre. Des quantités de fer correspondant à 2 % de la terre ajoutée, une quantité de CaO de l'ordre de 1 % se sont trouvées entraînées après une durée de un à deux mois.

Des phénomènes du même ordre peuvent être observés avec les sols tourbeux, l'eau dans les fossés de drainage étant franchement rouge pendant que le gley se développe à l'intérieur de la masse de terre.

Le fer se déplace sous forme complexe, car ces observations ont pu être répétées en présence de 10 % de carbonate de calcium, c'est-à-dire dans des conditions où il aurait été précipité s'il avait été à l'état ionique. Enfin, bien que

(1) A. Demolon, G. Aubert et S. Hénin, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 5-8.

nous n'ayons pas pu reproduire régulièrement ce phénomène, des accumulations d'argile dans le bas du tube se sont manifestées dans un certain nombre de cas. L'aspect de la colonne de terre est alors identique à un profil de sol lessivé avec gley. Les dépôts d'argile ont souvent l'aspect de bandes, le colloïde ayant tendance à s'accumuler là où le tassement a été le plus intense au moment du remplissage.

Dans une autre expérience, une couche de terre a été disposée sur un lit de sable grossier, puis percolée avec la solution glucosée; il s'est également développé un gley, mais au contact entre la terre et le sable, ainsi que dans la masse du sable elle-même, il s'est déposé de l'hydroxyde de fer donnant à l'ensemble l'aspect d'un alios. Ces résultats montrent donc qu'il est possible d'entreprendre l'étude de certains processus pédo-génétiques au laboratoire. D'ores et déjà, on peut attribuer une importance considérable au rôle des fermentations sur l'évolution du fer. Enfin, la précipitation de ce fer se montre liée à la présence de conditions oxydantes.

Outre les nouvelles perspectives d'études qui s'ouvrent ainsi au pédologue, nous soulignerons les conséquences pratiques de ces recherches : nous savons qu'en diverses circonstances, la fertilité du sol est limitée par l'existence d'un alios et que cet alios peut se ressouder assez rapidement. Les recherches dont nous indiquons le principe permettront peut-être d'orienter le praticien vers des techniques culturales ralentissant ou arrêtant la formation de ces dépôts ferrifères. Il est possible également que ces résultats conduisent à envisager sous un jour nouveau la formation de certains minerais de fer.

HYDROGÉOLOGIE. — *La capture souterraine du Thoré (versant atlantique) par le Jaur (versant méditerranéen).* Note de M. **Bernard Gèze**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Thoré, tributaire important de l'Agout, affluent du Tarn, se perd à la traversée de calcaires dolomitiques dévoniens, au-dessous du village des Verreries de Moussans (Hérault) et sa vallée reste sèche jusqu'au hameau de la Borie-Crémade, 1500^m en aval des Verreries où reprennent des formations schisteuses.

M. Georges Milhaud, Président du Spéléo-Club de la Montagne Noire et de l'Espinouse, a proposé le premier de voir la résurgence de ces eaux dans la vallée des Usclats, qui dépend du bassin du Jaur, principal affluent de l'Orb, petit fleuve côtier méditerranéen (1).

Après étude détaillée de la géologie de la région, j'ai reconnu la grande vraisemblance de cette hypothèse, tout en soulignant que, si les eaux perdues réapparaissaient à Usclats-le-Bas (commune de Courniou, Hérault), elles ne se perdaient pas moins à nouveau très

(1) *Spelunca*, 2e série, 5, 1934, p. 96.

rapidement et que la résurgence finale ne pouvait se trouver qu'à Saint-Pons, à la source vauclusienne du Jaur lui-même (²).

Pour sortir du domaine de l'hypothèse et pour reconnaître si une partie au moins des eaux du Thoré ne ressortait pas dans sa vallée même, à la Borie-Crémade, une expérience de coloration s'imposait. Elle a pu être réalisée grâce à la générosité de la Commission de Spéléologie du Centre National de la Recherche Scientifique.

Vingt litres de fluorescéine en solution à 50 % ont été jetés, le 28 juillet 1948, dans la perte principale du Thoré (débit : 8 à 10 litres/seconde), à l'altitude approximative de 450ᵐ, 600ᵐ en aval des Verreries de Moussans.

La source de la Borie-Crémade, située seulement 900ᵐ en aval, n'a jamais présenté la moindre trace de coloration. Il convient donc de la regarder dorénavant comme la seule véritable source du Thoré inférieur, sans rapport avec le Thoré supérieur.

La fluorescéine a reparu au point prévu : la source d'Usclats-le-Bas (altitude : 380ᵐ) au bout de 14 jours (11 août), à une distance de 2500ᵐ de la perte. Elle est restée visible pendant une quinzaine de jours.

Rien n'a pu être décelé, même au fluorescope, pendant une surveillance de 4 mois, ni à la source du Jaur (altitude : 311ᵐ, débit de l'ordre de 50 litres/seconde), ni à la source voisine de Pont-de-Ratz (altitude : 295ᵐ, débit de 5 à 10 litres/seconde), à 7500ᵐ de la perte et à 5000ᵐ de la source d'Usclats.

Les conclusions de cette expérience sont les suivantes :

1° *Conclusions géographiques.* — La capture totale du Thoré supérieur par le réseau du Jaur constitue le premier exemple d'un phénomène souterrain en train de se développer en faveur du versant méditerranéen, au travers de la ligne de partage des eaux européennes, les deux autres cas connus étant en faveur de l'Atlantique (capture du Danube par l'Aach, tributaire du Rhin, et capture du Rio Esera, affluent de l'Èbre, par la Garonne).

Encore, le talweg du Thoré ne manifeste guère la présence de cette anomalie, mais il est permis de supposer qu'une contre-pente se dessinera peu à peu et que les Verreries de Moussans se trouveront alors au centre d'une sorte de petit bassin fermé, séparé du Thoré inférieur par un verrou karstique.

2° *Conclusions géologiques.* — Les dolomies dévoniennes de la zone des pertes forment, en travers de la vallée du Thoré, trois bandes dont la plus occidentale seule se poursuit à l'air libre en direction des Usclats, de Courniou et de Saint-Pons, les deux autres n'étant visibles que dans le fond et les versants, mais non sur les crêtes environnantes entièrement formées de schistes siluriens.

Or, la coloration a été jetée dans la perte de la bande médiane. Sa sortie à Usclats rend indiscutable le fait que le Dévonien se poursuit en profondeur *sous* le Silurien qui est en position inversée.

(²) *Actes du Premier Congrès National de Spéléologie,* Mazamet, 1939, p. 9.

Manifestement, les trois bandes dolomitiques appartiennent à la même unité tectonique, synclinal dévonien couché vers le NW, replissé en accordéon et recouvert, pour sa majeure partie, par les formations cambro-siluriennes du flanc inverse de la nappe de Pardailhan, que j'ai antérieurement définie ([3]).

3° *Conclusions hydrologiques.* — Il convient de souligner l'extrême lenteur avec laquelle les eaux circulent entre les pertes du Thoré et la source d'Usclats : 180 m. par jour pour les filets les plus rapides, 80 m. pour les plus lents, la pente étant pourtant assez forte (28 pour 1 000). La présence de sable dolomitique résultant de la désagrégation du Dévonien doit contribuer à ralentir la circulation, les galeries souterraines formant, en outre, suivant toute probabilité, un réseau complexe et non un cours unique largement déblayé.

Si la coloration n'a pas été décelée à la source du Jaur, résurgence définitive à peu près certaine de tout le réseau, c'est que sa dilution a été beaucoup trop grande, en raison de son mélange d'une façon progressive pendant plus de 15 jours avec les eaux de la Salesse, autre affluent du Jaur qui se perd en totalité à Courniou et dont le débit est très supérieur à celui du ruisseau d'Usclats.

4° *Conclusions hygiéniques.* — Les eaux du Thoré supérieur sont polluées à la traversée des Verreries de Moussans. La résurgence d'Usclats-le-Bas est donc fort suspecte. Pour la source du Jaur, qui est captée par la ville de Saint-Pons, aux causes de contamination ci-dessus s'ajoutent celles qui résultent des eaux usées du village de Courniou.

Sans doute peut-on admettre une décantation et une filtration relatives dans les sables dolomitiques du trajet souterrain, mais les conditions d'hygiène douteuse n'en subsistent pas moins.

OCÉANOGRAPHIE. — *Limite d'expansion des peuplements benthiques sessiles en zone littorale profonde* (faciès rocheux). Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

Les scaphandres autonomes Cousteau-Gagnan m'ont permis d'aborder l'étude des peuplements de fonds rocheux en zone littorale profonde, au cours de 40 plongées effectuées dans la Manche, en Méditerranée et dans l'Atlantique Sud (plongées de 0 à 30^m). Quelques caractères généraux de ces peuplements ont été signalés dans une Note antérieure ([1]); l'un des plus importants est le recouvrement total des surfaces rocheuses par les épibioses du premier degré. Ce fait implique, pour la faune et pour la flore benthiques sessiles, un facteur de limitation différent de ceux qui interviennent pour les autres catégories

(3) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 238.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1176.

écologiques du domaine océanique. Comme Prenant l'a souligné (²), un des faits biologiques fondamentaux est le taux de mortalité colossal des organismes, conséquence nécessaire de leur puissant pouvoir de multiplication. L'analyse systématique des causes de mortalité des espèces marines, abordée par G. Thorson (³), fait nécessairement appel à la limitation de nourriture des milieux océaniques. Pour les organismes planctoniques il faut y ajouter l'entraînement par les courants dans des eaux de salinité et de température incompatibles avec la vie de l'espèce, et, pour les formes larvaires planctoniques d'espèces benthiques, l'entraînement loin des fonds où les larves sont susceptibles de se métamorphoser ou de se fixer une fois métamorphosées.

Cependant, pour les espèces benthiques sessiles ou sédentaires, après la phase planctonique larvaire, la limitation des peuplements doit intervenir non par manque de nourriture, mais par manque de place. Que cette cause joue en première instance, cela est prouvé par le fait que d'autres facteurs susceptibles d'agir sur la densité globale des organismes ne jouent pas ici : en effet, quelles que soient leurs variations, la couverture du rocher est totale.

I. Les fonds meubles montrent une grande variété dans la densité des peuplements selon leur richesse en matières organiques et celle de l'eau qui les recouvre; la limitation de nourriture joue ici en première instance; s'il en était ainsi pour le benthos sessile des fonds rocheux, nous y devrions trouver une semblable variété dans la densité de couverture des épibioses, et cela en fonction de la teneur des eaux en substances organiques. Or, les comparaisons faites dans les mêmes régions entre districts à eaux claires et à eaux chargées ont été négatives; il y a des différences qualitatives, en particulier une plus grande densité du benthos végétal dans les eaux claires, mais le taux de couverture globale est maximum et égal à 100 % dans les deux cas. Dans la Manche, la comparaison a porté entre divers peuplements de la baie de Morlaix (eaux troubles) et ceux de l'archipel des Roch'hier Doun à l'ouest de Roscoff (eaux claires). Dans l'Atlantique Sud, la comparaison a porté entre les falaises sous-marines du Pano de Assuçar, exposées au large et celles de la baie de Guanabara (eaux très chargées). Ce qui doit différer dans les deux types de district, c'est la vitesse de croissance des organismes fixés.

II. D'autres circonstances devraient jouer pour donner des taux de couverture variés, si le manque de place ne jouait pas en première instance; ce sont celles qui influent sur la densité des formes larvaires pélagiques en déterminant une plus ou moins grande dispersion de celles-ci par les courants. Ces circonstances sont surtout d'ordre topographique : sur les côtes peu découpées, exposées aux courants du large, la dispersion est maxima; elle est minima, au

(²) *Actualités scientifiques et industrielles*, n° 103. Paris, 1934.

(³) *Meddelelser fra kommissionen for Danmarks fiskeri. Plankton*, 4; n° 1, 1946, p. 1-523.

contraire, dans les baies profondes, ne communiquant avec le large que par de petites ouvertures. La comparaison des falaises de la baie de Guanabara (anse de Jurujuba) avec celles du Pano de Assuçar, déjà signalée, est à cet égard tout à fait significative et montre que ces circonstances topographiques ne jouent pas.

III. D'autres faits appuient l'argumentation précédente : c'est l'utilisation par la faune benthique sessile de nombreux supports solides reposant sur fonds meubles : petits blocs rocheux, galets, coquilles de mollusques. Cette utilisation dépend de la turbulence des eaux et n'est importante qu'en eaux calmes à des profondeurs où l'action de la houle est amortie. Lorsque ces conditions sont réalisées, la portion du support qui n'est pas au contact des sédiments présente une couverture à 100 %. Cette couverture met naturellement un certain temps à s'établir sur les coquilles vides, à ce point de vue comparables aux organismes vivants servant de support aux épibioses de 2ᵉ degré. Ces supports peuvent présenter des recouvrements à plusieurs degrés et il arrive que la surface des épibioses ainsi développées soit d'un ordre de grandeur très supérieur à celui du support initial.

Un des plus beaux exemples de ces recouvrements successifs est fourni par les biocœnoses constituées autour des colonies du Bryozoaire *Cellopora atlantica*, découvertes sur le plateau continental brésilien (Baie de Santa Anna) au cours de la croisière du Rio Branco (mai 1948); ces biocœnoses représentent un complexe d'épibioses du 3ᵉ et 4ᵉ degré. Les jeunes colonies de *Cellopora* se développent d'abord sur le thalle d'une phéophycée, elle-même fixée sur une valve de lamellibranche : à la suite du vieillissement et de la décomposition de l'algue la colonie de Cellopora accrue continue à se développer sans support, mais en servant de support à des organismes de plus en plus variés, spongiaires, bryozoaires, ascidies, serpulidés, sabellidés, lamellibranches etc... ; les bryozoaires dominent : dans les biocœnoses recueillies par un seul coup de drague E. Marcus en a identifié plus de 50 espèces, dont 18 nouvelles pour les côtes sud-américaines et 10 nouvelles pour le reste du monde. Ainsi l'utilisation des supports sur les fonds meubles peut aboutir à des groupements où les supports primitifs ont complètement disparu et où le support définitif présente une surface pouvant dépasser 100 fois celle du support primitif.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la Cytologie du sporogone des Mousses.* Note de M. **Jean Eymé**, présentée par M. Roger Heim.

Il n'existe, jusqu'à ce jour, aucune étude d'ensemble sur le comportement des éléments du cytoplasme dans les tissus du sporogone chez les Muscinées. Les travaux de Sapehin (1911-1913), Senjaninova (1927), Motte (1928), Weier (1930), pour ne citer que les plus importants dans ce domaine sont, en effet, fragmentaires et aboutissent à des interprétations souvent contradictoires.

Nous avons repris cette étude et nos observations ont porté, en premier lieu, sur la sporogénèse de *Catharinæa undulata* L. dont les principaux stades de développement ont pu être suivis vitalement avec ou sans coloration vitale.

Dans les plus jeunes sporogones observés, les constituants cellulaires de l'assise sporogène ne diffèrent guère de ceux des tissus voisins. Les unes et les autres de ces cellules possèdent un volumineux noyau à un ou deux nucléoles ainsi que de nombreux chloroplastes offrant quelques inclusions d'amidon en amande et de nombreux *grana* punctiformes de très petite taille. A mesure que s'accroît le sporogone, les chloroplastes de l'assise sporogène subissent une évolution remarquable. D'ovoïdes qu'ils étaient, ils deviennent lenticulaires, et prennent l'aspect d'un disque dont le diamètre augmente en même temps qu'ils s'amincissent. De plus, et du fait sans doute de ces modifications importantes, tandis que les caryokinèses se poursuivent, le nombre de ces plastes diminue sans cesse dans les cellules sporogènes qui se multiplient activement. A la fin de leur évolution, elles n'en possèdent même plus qu'un seul. Le contour exact de ces plastes est extrêmement délicat à préciser surtout lorsqu'ils sont vus de face, d'autant plus qu'ils deviennent incolores et se déforment au cours de l'observation. En définitive, dans de jeunes cellules mères de tétraspores, on peut voir un plaste unique en forme de calotte épouser parfaitement la forme du noyau sur une grande surface.

Au cours de cette évolution du plastidome, les éléments mitochondriaux (mitochondries punctiformes ou en très petits bâtonnets) se multiplient et deviennent très nombreux dans la cellule. Dans les cellules mères, ces éléments se localisent progressivement autour des plastes jusqu'à adhérer à leur surface ou à se trouver dans leur voisinage immédiat. De telles figures font penser aux phénomènes d'agrégation des grains de limaille autour d'un pôle aimanté; elles rappellent, en outre, les observations de Lewitsky (1925) qui a noté la formation d'un « manteau mitochondrial » pendant les mitoses réductionnelles chez *Equisetum palustre* L. Avant la méiose, l'unique leucoplaste des cellules mères, en se divisant, donne naissance à 4 plastes; chacun d'eux se retrouve dans une tétraspore amenant avec lui les mitochondries satellites. Il se divise plusieurs fois dans les spores individualisées; les plastes fils qui en dérivent sont de taille réduite et deviennent peu à peu chlorophylliens alors que les mitochondries diminuent en nombre et que les globules lipidiques apparaissent.

Ces observations pratiquées *in vivo* ont été contrôlées après fixation par les techniques mitochondriales (liquides de Benda-Meves et de Regaud) et coloration à l'hématoxyline. Les préparations les plus démonstratives ont été obtenues, en particulier, avec la méthode de Yu-Chih-Chen (1938) (réaction nucléale de Feulgen suivie d'une coloration à l'hématoxyline de Regaud). Il est donc certain qu'à côté des mitochondries granuleuses les plastes persistent, quoique modifiés, pendant toute l'évolution du tissu sporogène. Leur extrême fragilité dans les cellules mères explique certains artefacts observés par diffé-

rents auteurs dans des préparations fixées; aussi comprend-on, à la suite de ces modifications, l'erreur d'interprétation de Senjaninova qui décrit le plastidome comme un « corps mitochondrial ».

Des faits comparables ont pu être suivis vitalement lors de la sporogénèse d'*Homalothecium sericeum* L. Mais, dans cette espèce, nous avons pu suivre d'autre part l'évolution du vacuome en le colorant vitalement par des solutions de rouge neutre. Des cellules sporogènes âgées, au contenu de plus en plus déshydraté, nous ont montré grâce à cette méthode un vacuome coloré en rouge orangé (pH basique). Il est de texture semi-fluide formé de granules et de fins filaments anastomosés en un réseau analogue à celui qui a été décrit par P. Dangeard (1923) dans les méristèmes des Gymnospermes.

Par ailleurs, nous avons constaté *in vivo* sur de nombreuses figures de méiose la coloration des chromosomes par le rouge neutre alors que le reste de la cellule ne prend aucune coloration. Nous avons pu suivre un certain temps le déplacement relatif de certains d'entre eux dans la cellule. Il s'agit donc là d'une véritable coloration vitale qui rappelle celle qu'a obtenue P. Dangeard (1923) sur les chromosomes des grains de pollen de *Ginkgo biloba* durant leur maturation [1]. Dès l'individualisation des chromosomes proméiotiques dans le noyau, le chondriome polarisé jusque-là auprès des calottes plastidaires se trouve dispersé dans toute la cellule. Il se regroupera autour des plastes dans les jeunes tétraspores. Durant toutes les phases de la méiose, la déshydratation du noyau s'accompagne de l'hydratation du cytoplasme et surtout des leucoplastes. La modification d'état physique de leurs colloïdes entraîne une diminution de leur réfringence, si bien qu'ils demeurent peu visibles durant les mitoses réductionnelles.

Signalons enfin la présence dans les cellules épidermiques du sporogone de *Catharinæa undulata* L., de cristalloïdes protéiques allongés amincis aux deux extrémités en forme de fuseau. Incolores sous l'action des colorants vitaux, ils sont conservés parfaitement par les divers liquides fixateurs. Ils se colorent électivement par l'iode et donnent les réactions caractéristiques des composés protéiques avec les réactifs de Millon (formule de Denigès) et de Derrien-Turchini. Ces organites, inconnus encore chez les Bryophytes, nous paraissent analogues à ceux que signalent certains auteurs chez diverses Phanérogames, Cryptogames vasculaires ou Thallophytes (Molish, 1921).

---

(1) L'affinité des chromosomes de la méiose pour le rouge neutre *in vivo* semble assez générale, car M. Dangeard nous a dit l'avoir constatée chez une Liliacée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Zirconifluorures d'alcaloïdes*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente (1) nous avons rapporté l'analyse de treize silicifluorures d'alcaloïdes qui tous répondaient à la formule SiF_6H_2 (alcaloïde)$_2$ accompagnée ou non de molécules d'eau. Utilisant le zirconihexafluorure de potassium ZrF_6K_2 et un sel soluble d'alcaloïde, nous avons préparé par double décomposition, en solution aqueuse, suivie de concentration à froid quelques zirconifluorures d'alcaloïdes dont l'analyse est résumée dans les tableaux suivants

		Trouvé (%)				
	Formule(*).	OH_2.	Zr.	F.	B(**).	$[\alpha]_D$ (***) (°C).
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$........	$A(B)_2, 5OH_2$	9,28	9,72	12,17	68,29	−133
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$......	$A(B)_2$	0	10,72	13,59	75,43	+176
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$......	$A(B)_2$	0	11,55	14,75	73,59	+152
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$....	$A(B)_2, 5OH_2$	10,01	10,52	12,98	66,23	−103
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$.....	$A(B)_2, OH_2$	2,11	10,29	12,82	74,21	− 33
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$........	$A(B)_2, 7OH_2$	11,57	8,31	11,21	69,97	− 29
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$........	$A(B)_2, 2OH_2$	4,78	11,52	14,25	69,13	− 95
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$.........	$A(B)_2$	0	11,47	14.35	75,10	− 99
Thébaïne $C_{19}H_{21}NO_3$.........	$A(B)_2, OH_2$	2,12	10,92	13,30	74,08	−177
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$...	$A(B)_2, 4OH_2$	7,21	9,28	11,71	71,23	− 61
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$...	$A(B)_2$	0	9,78	12,23	78,41	+ 11
Spartéine $C_{15}H_{26}N_2$.........	$A(B)$	0	20,70	25,47	52,32	−

(*) $A = ZrF_6H_2$; (**) B = alcaloïde; (***) En solution aqueuse à une concentration voisine de 0,5 %.

	Calculé (%)					
	OH_2.	Zr.	F.	B.	a(*).	α(**).
Quinine....................	9,52	9,65	12,05	68,57	1,07	1,33(***)
Quinidine..................	0	10,66	13,32	75,79	0,98	1,17
Cinchonine.................	0	11,46	14,32	73,96	1,06	1,25
Cinchonidine...............	10,17	10,29	12,87	66,45	1,17	1,21
Strychnine.................	2,01	10,23	12,75	74,80	1,03	1,30
Brucine....................	11,23	8,13	10,16	70,29	1,11	1,10
Morphine...................	4,42	11,21	14,01	70,11	1,13	1,03
Codéine....................	0	11,32	14,14	74,29	1,08	1,06
Thébaïne...................	2,12	10,76	13,44	73,44	−	−
Corynanthine...............	7,29	9,23	11,53	71,74	1,11	1,16
Corynanthéine..............	0	9,66	12,07	78,06	−	−
Spartéine..................	0	20,60	25,81	53,07	−	−

(*) a = rapport du pourcentage de l'alcaloïde dans les silicifluorures et zirconifluorures;
(**) = rapport des pouvoirs rotatoires; (***) le pouvoir rotatoire du silicifluorure de quinine est $[\alpha]_D = -175°$ et non $-238°$ indiqué par erreur.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 982-983.

Le zirconium a été dosé à l'état de O_2Zr : précipitation à chaud par l'ammoniaque, récolte du précipité, calcination et pesée; dans le filtrat aqueux de précipitation, le fluor a été déterminé à l'état de fluorure de calcium F_2Ca. L'eau est représentée par la perte de poids à 100-105°, excepté le cas de la spartéine, où l'essai a été réalisé en présence de O_5P_2 dans le vide, à froid. L'alcaloïde a été pesé, après déplacement et extraction par les méthodes classiques.

Tous les composés précédents, parfaitement cristallisés, peuvent contribuer à l'identification microcristalline de l'alcaloïde considéré.

L'activité optique étant introduite par l'alcaloïde, si l'on calcule le rapport des pourcentages de l'alcaloïde dans les silicifluorures et les zirconifluorures et que l'on fasse de même pour les pouvoirs rotatoires, la concordance de ces rapports n'est que rarement satisfaisante. On ignore, en effet, le degré relatif d'ionisation en solution des fluosels considérés et celui de racémisation de la base; on ne saurait fonder un dosage de l'alcaloïde, pour l'établissement des formules, sur le pouvoir rotatoire de la combinaison organominérale.

Windsor [2], en 1926, avait déjà obtenu un zirconifluorure de strychnine, brucine, cinchonine, quinine et quinidine, mais, d'une part, la méthode suivie : solution alcoolique d'alcaloïde et action de O_2Zr en solution dans l'acide fluorhydrique et, d'autre part, le dosage de l'alcaloïde par le pouvoir rotatoire, l'ont conduit à isoler et définir des produits très différents des précédents, sur l'entité desquels il convient d'être réservé.

Les zirconifluorures ici rapportés répondent à la formule $ZrF_6H_2(\text{alcaloïde})_2$, $n OH_2$, sauf ceux de quinidine, de cinchonine, de codéine et de corynanthéine qui, bien qu'obtenus au sein de l'eau, cristallisent anhydres. Le zirconifluorure de spartéine répond à la formule molécule à molécule ZrF_6H_2, $C_{15}H_{26}N_2$, résultat conforme à la bibasicité généralement constatée de la spartéine. Les composés de la série quinine-cinchonine correspondent à la série dite *basique*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution des fructosanes du genre* Allium. Note (*) de M. **Henri Belval**, Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudin** et Mlle **Marie-Louise du Mérac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Il existe dans le genre *Allium* trois fructosanes : *fructosane S*, préparée par Chevastelon [1] à partir de *A. sativum*, retrouvée par Belval dans *A. vineale* et quelques autres espèces [2]; *fructosane A*, entrevue par Chevastelon, isolée

(2) M. M. Windsor, *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 310-312.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

(1) *Thèse Doctorat*, 1894.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 294.

à l'état pur par Belval de *A. ascalonicum* [3]; *fructosane* U, extraite de *A. ursinum* par Belval [4].

La *fructosane* U paraît être une fructosane proprement dite : son pouvoir rotatoire (— 49°) devient, après action des acides dilués bouillants, égal à celui du fructose, et le produit d'hydrolyse ne subit aucune oxydation en présence d'iode ou de brome. La *fructosane* A serait une glucofructosane typique : son pouvoir rotatoire, voisin de — 25°, s'abaisse après hydrolyse acide à — 77°,6 à la température de 10°, et l'oxydation par l'iode ou le brome accuse une teneur en sucre aldéhydique de 11 à 12 %. Sur la *fructosane* S, on ne sait rien de précis : d'après Chevastelon, le pouvoir rotatoire passerait, sous l'action des acides, de — 39° à — 91°, ce qui en ferait une fructosane proprement dite; Belval, par contre, n'a jamais vu le pouvoir rotatoire tomber au-dessous de — 84° à 11°; il y aurait donc dans les produits d'hydrolyse une proportion de glucose de l'ordre de 7 %, conclusion renforcée par le fait d'une oxydation nette par l'iode et le brome.

Les renseignements sur la constitution des glucofructosanes déduits de l'action des acides bouillants ayant été souvent contestés, nous avons repris ces recherches en opérant l'hydrolyse par voie diastasique. Nous avons soumis chacun des glucides lévogyres du genre *Allium* à l'action de l'*invertase concentrate*, dont la remarquable activité permet de suivre [4] la mutarotation des hexoses libérés de la molécule complexe. Les résultats obtenus sont exposés ci-dessous : α_1 désigne la rotation de la liqueur telle quelle et α_2 la rotation de celle-ci après addition d'une trace de soude concentrée qui met fin instantanément à la mutarotation et arrête l'hydrolyse.

I. *Allium ursinum*. (Fructosane, 5,83 %; invertase, 2 %; θ, 14°,5; l = 2.)

Temps.	α_1.	α_2.	Δ_α.
0	—5°,72	—	—
30 heures...........	—5 92	—5°,82	+0°,10
50 »	—6 02	—5 88	+0 14
74 »	—6 12	—5 96	+0 16

L'hydrolyse est lente, comparable à celle de la phléine dans les mêmes conditions de concentration et de température et, comme pour cette dernière, l'addition de soude déplace *toujours vers la droite* le plan de polarisation de la lumière. On en conclut que cette fructosane est, comme la phléine, une fructosane formée exclusivement de fructose.

---

(3) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 25, 1943, p. 64.

(4) H. Belval et A. de Grandchamp, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2016.

II. *Allium sativum.* (Fructosane 5,60 %; invertase 2 %; θ 13°; $l=2$.)

Temps.	α_1.	α_2.	$\Delta\alpha$.
0	−4°,36	–	–
1 heure	−4 60	−4°,78	−0°,18
2 heures	−4 84	−4 98	−0 14
4 »	−5 16	−5 26	−0 10
20 »	−6 20	−6 06	+0 14
44 »	−7 16	−6 96	+0 20
98 »	−9 00	−8 88	+0 12
146 »	−9 52	−9 52	0

La vitesse est plus grande que dans le cas précédent; le déplacement du plan de polarisation par addition de soude, d'abord vers la gauche, ensuite vers la droite, permet de conclure à la *présence de glucose α*, se détachant en masse dans les premières heures de la réaction et dont la mutarotation masque celle du fructose.

III. *Allium ascalonicum.* (Fructosane 4 %; invertase 2 %; θ 11°,5; $l=2$.)

Temps.	α_1.	α_2.	$\Delta\alpha$.
0	−2°	–	–
30 minutes	−2°,22	−2°,38	−0°,16
1 heure	−2 48	−2 68	−0 20
2 heures	−2 90	−3 14	−0 24
4 »	−3 58	−3 76	−0 18
22 »	−5 58	−5 42	+0 16
70 »	−6 90	−6 90	0

La réaction est plus rapide encore que pour la fructosane de *A. sativum* et la présence de glucose α dans les produits d'hydrolyse est nettement mise en évidence par sa mutarotation.

Ainsi se trouvent confirmées l'existence du seul fructose dans la fructosane U et la présence du glucose α, à côté du fructose, dans les glucofructosanes A et S du genre *Allium*. Ces dernières se différencient par la vitesse de l'hydrolyse diastasique et par l'ensemble de leurs propriétés; le produit S n'existe que dans quelques espèces et n'a encore été rencontré, en dehors des *Allium*, que dans la Tubéreuse. Le produit A est à rapprocher des glucofructosanes d'Asphodèle et de Narcisse; il est possible qu'il leur soit identique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Un optomètre à fentes sténopéiques, de sensibilité constante.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Armand de Gramont.

On se souvient que, dans l'optomètre de Th. Young, l'observateur regarde une ligne droite parallèle à l'axe de l'œil, et peu distante de celui-ci, au travers d'une double fente sténopéique placée contre une lentille convergente. Dans

ces conditions, il n'en voit net et simple qu'un seul point à la fois, qui doit être situé sur son parcours d'accommodation. Si l'œil n'accommode pas, ce point sera le conjugué, par la lentille, du *punctum remotum*.

Tous les autres points sont vus doubles, d'où il résulte que l'on aperçoit une sorte d'X allongé, formé par les fausses images de la droite, qui se croisent.

Soient : P, le pouvoir de la lentille; A, l'amétropie; et s le segment commençant au plan principal objet de l'œil et finissant au plan principal image de la lentille. Les p' et les p de la lentille sont respectivement les abscisses des points conjugués, par le système optique de l'œil, à la rétine, et les abscisses des points objets de la ligne droite, conjugués par la lentille aux précédents. Les derniers, seuls réels, servent à la graduation de l'appareil, dont les traits donnent directement la proximité du point vu simple. On mesure donc ainsi, à la fois, l'amétropie et l'effort accommodatif.

On établit facilement que

$$p = -\frac{1 + sA}{A + P(1 + sA)}. \tag{1}$$

Or, l'appareil est généralement utilisé avec l'œil très près des fentes, c'est-à-dire avec des [s] très courts. Young lui-même n'a pas pensé à l'employer dans d'autres conditions, ainsi qu'il résulte à l'évidence de la lecture du texte de son Mémoire, dans les *Phil. Transactions* de 1801, de ses calculs, et de la figure qui représente la graduation. Les traits de cette échelle sont loin d'être équidistants et, si l'on traduit en dioptries les inverses de longueurs en pouces, la dioptrie est figurée par des intervalles progressivement décroissants du côté de la myopie, croissants en sens contraire, et variant facilement de 1 à 10, pour les pouvoirs de la lentille usuellement employés. D'ailleurs ce fait apparaît en écrivant

$$\frac{dp}{dA} = \frac{1}{[A + P(1 + sA)]^2} \tag{2}$$

et

$$\frac{dp}{ds} = -\frac{A^2}{[A + P(1 + sA)]^2}. \tag{3}$$

Il en résulte que la lecture de l'échelle est de plus en plus difficile vers les amétropies fortement positives.

L'étude de la fonction (1) m'a mené à faire $s = -(1/P)$, c'est-à-dire à faire coïncider le plan principal objet de l'œil avec l'un des foyers de la lentille. Dans ces conditions (1) et (2) deviennent

$$p = \frac{P - A}{P^2} \tag{1 bis}$$

et

$$\frac{dp}{dA} = -\frac{1}{P^2} \tag{2 bis}$$

d'où le paramètre s a disparu.

La graduation est équidistante, et la dioptrie est constamment représentée par l'inverse du carré du pouvoir de la lentille. Avec $P = 13^D$, elle vaut $5^{mm},9$, c'est-à-dire qu'il est presque impossible de commettre une erreur absolue supérieure à une demi-dioptrie.

Les proximités sont comptées à partir du plan principal objet de l'œil, seule façon correcte. De plus, la situation de l'œil à l'un des foyers de la lentille donne aux fausses images de la droite une épaisseur et une netteté uniformes. La région d'incertitude est ainsi réduite au minimum.

La sensibilité de l'appareil est constante et on la rend facilement maximum pour un observateur donné, en employant des fentes aussi écartées que le permet son diamètre pupillaire.

Cet appareil permet d'exécuter avec précision les travaux les plus délicats de l'optique physiologique. *A fortiori* se prête-t-il aux mesures habituelles de la clinique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet du mécanisme intracapsulaire de l'accommodation.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Gullstrand a fait observer que les valeurs expérimentales des déformations des deux faces du cristallin durant l'accommodation ne suffisent pas à expliquer l'augmentation de convergence du système dioptrique oculaire correspondant à l'accommodation. Il en a déduit que l'indice *total* du cristallin (indice d'un cristallin fictif homogène de même convergence que le cristallin hétérogène réel) augmente durant l'accommodation, par déplacement des couches d'égal indice : ce serait là le véritable intérêt de la structure lamellaire du cristallin.

Ce mécanisme *intracapsulaire* de l'accommodation fut étudié par E. F. Fincham (1) sur deux sujets. La mesure, pour un état d'accommodation donné, des rayons de courbure des deux faces du cristallin à l'aide des images de Purkinje (images par réflexion sur chacune des deux faces du cristallin), permet, en effet, de calculer la variation de convergence de l'œil par *déformation* du cristallin, d'où, par différence, la part due au mécanisme intracapsulaire. Fincham trouva que ce dernier était presque nul pour l'un de ses deux sujets (dont l'indice cristallinien total n'augmenterait que de 0,002 pour 9 dioptries d'accommodation), mais était très notable pour l'autre (variation de l'indice total du cristallin égale à 0,019 pour 9 dioptries d'accommodation).

Grâce à l'amabilité de Mlle J. Marandon, que je remercie vivement, j'ai pu reprendre l'étude faite par Fincham sur 6 sujets, en mesurant photographi-

(*) Séance du 29 novembre 1948.

(1) *Trans. Opt. Soc.*, 26, 1924-25, p. 239.

quement (ce qui assure une meilleure précision), la grandeur de l'image de Purkinje fournie par la face avant du cristallin. La figure 1 représente ([2]), en fonction de l'accommodation et pour les 6 sujets, la variation ΔD de la convergence de la face avant du cristallin, déduite de la mesure du rayon de courbure de celle-ci, et en prenant pour indices de l'humeur aqueuse et du cristallin 1,337 et 1,42. Ce dernier indice étant supposé constant, ΔD est dû uniquement à la déformation du cristallin.

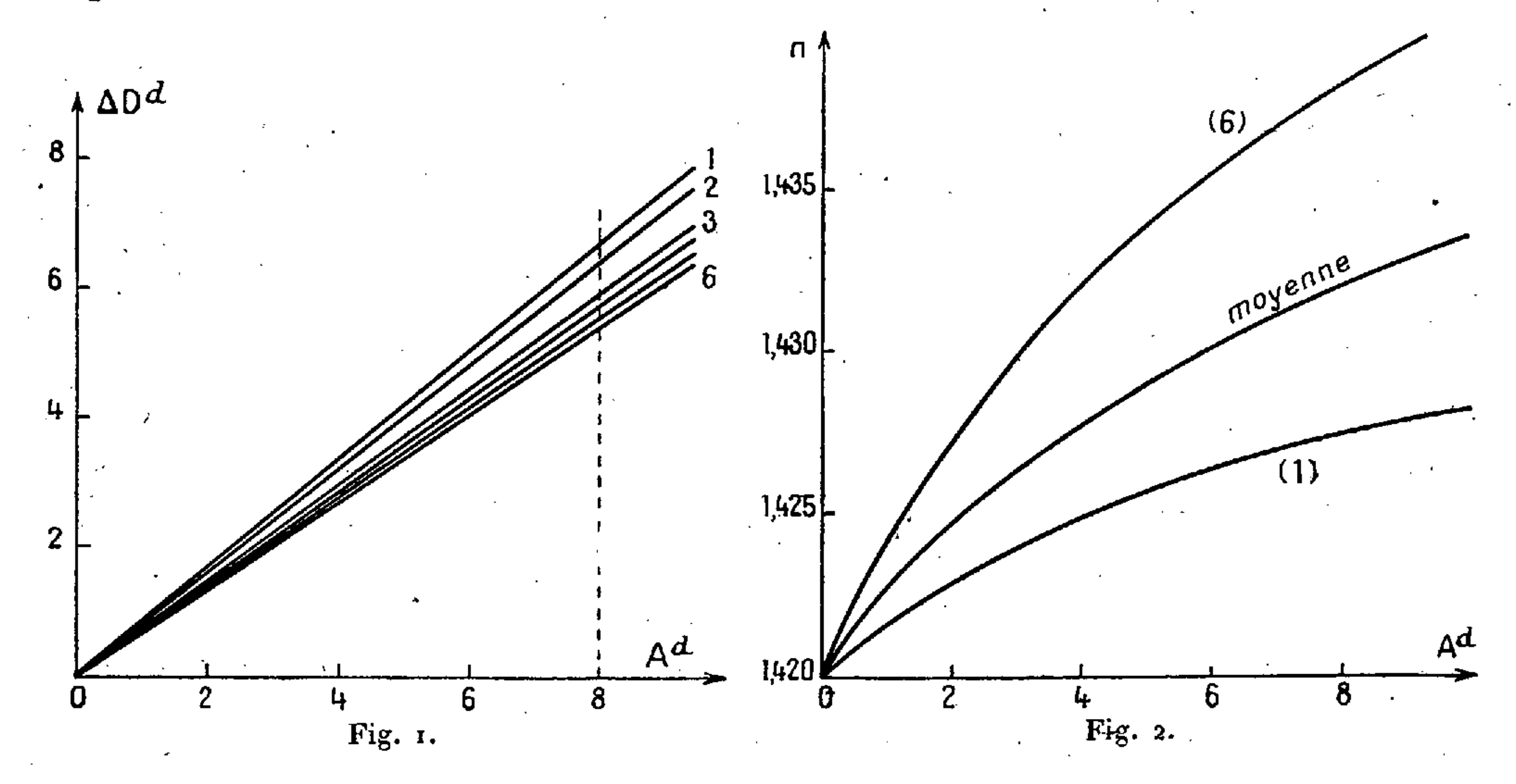


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 1 donne lieu aux deux conclusions suivantes :

1° Pour tous les sujets, la variation ΔD de la convergence de la face avant du cristallin, due à la déformation de celle-ci, est proportionnelle à la valeur de l'accommodation. Il en est donc de même de la variation de convergence due au mécanisme intracapsulaire, puisque la variation de convergence globale est proportionnelle à l'accommodation.

2° Le calcul montre que pour une accommodation de 8 dioptries, la convergence de la face avant du cristallin doit augmenter de 7,85 dioptries (en tenant compte du déplacement des plans principaux de l'œil durant l'accommodation, ainsi que du fait que la face arrière du cristallin se déforme elle aussi, légèrement, durant l'accommodation). Or pour les 6 sujets étudiés la convergence de la face avant du cristallin n'augmente, par déformation, que de 6,64, 6,36, 5,84, 5,70, 5,56 et 5,37 dioptries, pour 8 dioptries d'accommodation. Le mécanisme intracapsulaire existe donc pour les 6 sujets. Pour le sujet 1 il assure 15 % de l'accommodation, tandis que pour le sujet 6 il en assure 32 %. En moyenne, le mécanisme intracapsulaire assurerait un quart de l'accommodation.

([2]) Les points expérimentaux ne sont pas figurés afin de ne pas surcharger la figure. Ils ne s'éloignent guère des courbes tracées.

Connaissant la variation ΔD de la convergence de la face avant du cristallin, due à sa déformation, il est facile de calculer la variation de l'indice total du cristallin durant l'accommodation. La figure 2 traduit les résultats pour les sujets 1 et 6, ainsi que la moyenne établie sur les six sujets étudiés (on a pris 1,42 pour indice total du cristallin désaccommodé). Pour 10 dioptries d'accommodation, l'indice total du cristallin augmenterait en moyenne de 0,014.

Le cristallin étant en gros constitué par un *noyau*, vraisemblablement immuable durant l'accommodation, et d'une *écorce*, ce sont très probablement les variations de structure de cette dernière qui entraînent les variations de l'indice total du cristallin que nous venons d'étudier.

EMBRYOLOGIE. — *Ségrégation d'un matériel cortical au cours de la segmentation chez l'œuf de* Teredo norvegica. Note (*) de M. **Emmanuel Fauré-Frémiet** et Mlle **Hélène Mugard**, présentée par M. Maurice Caullery.

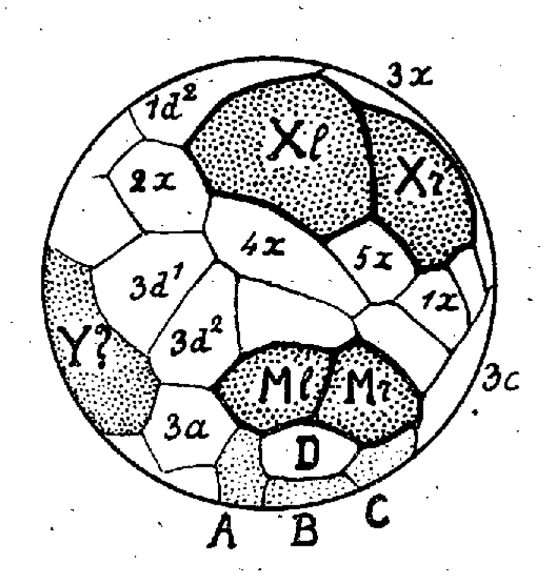
1. L'œuf de *Teredo norvegica*, imprégné à l'argent, suivant la technique de Chatton et Lwoff, après une courte fixation osmique, montre une argyrophilie corticale, qui se traduit (indépendamment de quelques autres particularités) par une teinte jaune brun plus ou moins accusée. Au cours de la segmentation, cette coloration, d'abord généralisée, se localise progressivement sur certains blastomères; avant que tous les détails de cette localisation puissent être définis en termes de généalogie cellulaire, certains repères montrent, de toute évidence, qu'elle est étroitement liée à la différenciation de divers territoires.

2. La réaction argyrophile corticale est d'abord également répartie sur toute la surface de l'oocyte mûr; après la fécondation, l'émission des deux globules polaires se traduit par une double cicatrice blanche, qui marque le pôle animal; dès la première division, la coloration paraît beaucoup plus accentuée sur le gros blastomère CD que sur le blastomère AB; la seconde division concentre nettement l'argyrophile sur le quadrant D, tandis que A, B et C sont inégalement pâlis; la troisième division isole, à l'état incolore, les micromères du premier quartette 1 *a* à 1 *d*. La localisation de l'argyrophilie corticale se poursuit ultérieurement suivant un processus complexe, dont les étapes principales sont tout à fait caractéristiques (1).

(*) Séance du 8 décembre 1948.

(1) Les données fournies par Hatschek (1880) sur la segmentation chez *Teredo* sont insuffisantes; en attendant de définir plus exactement le *cell-lineage* chez *T. norvegica*, on peut se guider sur les descriptions de F. R. Lillie (1895) (œuf d'*Unio* et d'*Anodonta*), et de J. Meisenheimer (1901) (œuf de *Dreissensia*). La notation utilisée est celle de E. G. Conklin (1905) (œuf de *Crepidula*).

Parmi les blastomères dérivés du quadrant D, l'argyrophilie se localise fortement sur la grosse cellule $2d$ (*premier somatoblaste* de Lillie = X), tandis que 2D reste beaucoup plus pâle, mais conserve une colorabilité résiduelle, qui, après séparation de $3d$ (clair), se concentre à son tour sur $4d$ (*deuxième somatoblaste* de Lillie = M), tandis que 4D apparaît comme une petite cellule claire. Les divisions suivantes du premier somatoblaste X donnent successi-



Œuf de *Teredo norvegica* imprégné à l'argent, vue dorsale oblique découvrant le pôle végétatif et le côté gauche.

vement, à droite, à gauche, du côté animal et du côté végétatif, les cellules $1x$ à $4x$ qui sont claires, la colorabilité se localisant et s'intensifiant chaque fois sur X, et finalement sur les deux initiales symétriques $4Xl$ et $4Xr$, dont la forme et la position sont parfaitement définies; la segmentation ultérieure de ces ébauches (*plaque somatique* = ébauche de la glande coquillière) ne comporte plus de processus restrictif. Quant au deuxième somatoblaste M, il donne les deux initiales entomésoblastiques symétriques Ml et Mr, caractérisées, elles aussi, par leur forme et leur position.

La segmentation des trois quadrants clairs A, B et C, s'accompagne certainement de quelques localisations de leur argyrophilie résiduelle, localisations non encore précisées, sauf, peut-être, en ce qui concerne le blastomère $2a$ = Y (*initiale mésoblastique asymétrique* de Lillie), dont la surface dessine, sur le côté gauche, un territoire oblique nettement coloré; probablement encore, les trois petits entomères 3A, 3B et 3C, situés autour de l'incolore 4D.

3. L'argyrophilie corticale de l'œuf de *Teredo* est supprimée, ou notablement diminuée, après action d'un excès de KCl ou mieux encore, de quelques détergents anioniques (duponold par exemple). Un ensemble de faits laisse penser qu'elle est liée à la présence d'un matériel cortical lipidique ou lipoprotéique. Le premier effet de l'altération ou de la suppression de ce matériel est d'égaliser la première division de segmentation ([2]), puis de provoquer la dissociation des blastomères, ou, tout au moins, une segmentation plus ou moins dépourvue de cohésion.

([2]) Rappelant ainsi certaines expériences de Pasteels (1931) sur l'œuf de Pholade (*Barnea*).

4. L'imprégnation argentique mettrait ainsi en évidence, au cours de la segmentation de l'œuf de *Teredo*, un processus parallèle de ségrégation corticale, qui concentre et localise le matériel argyrophile sur l'ébauche de la glande coquillière, sur les initiales entomésoblastiques M, probablement sur l'initiale mésoblastique Y et sur les entomères, c'est-à-dire sur diverses cellules qui pénétreront plus tard en profondeur. La question de savoir si cette ségrégation est un facteur de la différenciation ou un effet de celle-ci reste actuellement sans réponse.

5. Le cas de l'œuf de *T. norvegica* n'est pas unique dans le groupe des *Spiralia*, l'œuf de *Sabellaria* nous a montré, avec moins d'intensité cependant, des localisations de l'agyrophilie corticale non encore analysées. Par contre, les œufs de Serpuliens (*Pomatoceros*) à segmentation sensiblement égale, ne montrent pas ce phénomène.

EMBRYOLOGIE. — *Suppression du matériel chordal dans la gastrula de Truite.* Note (*) de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude expérimentale du développement fait attribuer au chordomésoblaste des Amphibiens une fonction inductrice déclenchant la différenciation de la plaque neurale (expérience de Spemann) et une fonction mécanique due à la chorde qui, par son élongation, provoque l'extension de l'embryon (Hörstadius) ([1]).

Chez les Téléostéens la greffe de lèvre dorsale, reproduite avec succès par Luther sur *Salmo* ([2]) et Oppenheimer sur *Fundulus* et *Perca* ([3]), met en évidence le pouvoir inducteur du chordomésoblaste. Le rôle mécanique de la chorde n'a, à ma connaissance, encore jamais été étudié. Des recherches sur la régulation du germe de *Salmo irideus* m'ont permis d'apprécier l'intervention du matériel chordal dans l'embryogénèse de ce poisson.

Sur la gastrula jeune (*fig.* 1) un segment dorsal (de hauteur égale au quart du diamètre) est excisé perpendiculairement au plan de symétrie bilatérale (DV). D'après le plan d'ébauches de Pasteels ([4]) l'opération supprime la languette de matériel invaginé, la totalité ou presque de l'aire chordale et une portion notable du territoire nerveux. Malgré cette lacune importante un embryon se dessine par mise en place des matériaux subsistant, non par régulation ([5]). Peu avant la fermeture du blastopore (stade K ou L de Pasteels) les œufs sont fixés. Le corps a son extension normale mais les somites n'apparaissent pas

---

(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) *Acta Zool.*, 25, 1944, p. 75-87.

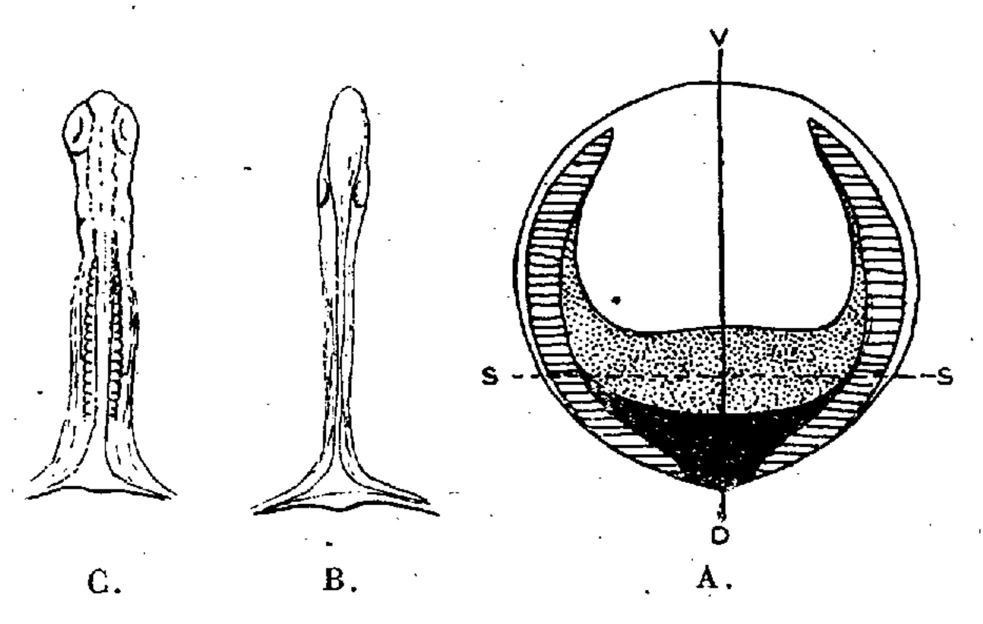
([2]) *Biol. Zbl.*, 55, 1935, p. 114-137.

([3]) *Proc. soc. exp. biol.*, 31, 1934, p. 1123-1124; *Proc. Nat. Acad. Sc. Wash.*, 20, 1934, p. 536-538 et 21, 1935, p. 551-553.

([4]) *Arch. de Biol.*, 47, 1936, p. 205-308.

([5]) Par contre l'excision du matériel céphalique déjà en place chez la jeune neurula entraîne l'arrêt du développement.

et la tête se réduit à un renflement allongé sans différenciations tandis que pour un embryon du même âge, non opéré, les yeux sont visibles sur une tête déjà bien modelée (*fig.* 1).



A droite : plan d'ébauches de la gastrula jeune : hachures, mésoblaste; pointillé, neuroblaste; noir, chordoblaste. La portion située en dessous de SS est excisée. — *A gauche* : embryon normal au stade K. D'après Pasteels, simplifiés. — *Au milieu* : embryon du même âge, opéré.

L'étude microscopique montre que la tête, en avant des otocystes, se réduit à l'épithélium enveloppant une masse confuse où, par place, on discerne du tissu nerveux entouré de mésenchyme. Vers l'arrière, brusquement, apparaît le cerveau flanqué de part et d'autre des vésicules otiques en formation. L'ensemble, bien conformé, est symétrique. La chorde n'apparaît qu'après les somites, avec son diamètre normal. L'invagination du matériel chordal respecté s'est donc poursuivie normalement autour du bord de section devenu la nouvelle lèvre dorsale.

Chez d'autre embryons, que rien ne distingue de l'extérieur, la chorde manque totalement. Si la topographie des organes peut en gros, rappeler celle des spécimens précédents, leur structure est moins parfaite. Dans le cerveau postérieur et la moelle le plancher n'existe pas, remplacé par une masse basale de cellules; le canal épendymaire virtuel s'incline et parfois se couche sur la surface vitelline au lieu de lui demeurer perpendiculaire. La structure du tronc est souvent asymétrique et les somites peuvent s'insinuer sous la moelle.

Contrairement au cas des Amphibiens, l'absence de chorde n'affecte pas ici, au moins dans les premiers stades, l'élongation de l'embryon. Attaché au blastoderme, il se laisse passivement étirer par l'épibolie due, semble-t-il, à la rétraction du périblaste (Devillers) ([6]).

A l'époque de l'opération, débutait l'invagination du chordo-mésoblaste qui n'atteignait donc pas ou commençait seulement d'atteindre le territoire neural présomptif. L'axe nerveux embryonnaire dérive ainsi tout entier d'un matériel que n'a pas directement touché le champ inducteur.

([6]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1310-1312.

Des embryons sans chorde, à système nerveux bien développé mais irrégulier, ont été obtenus à diverses reprises chez les poissons : *Salmo fario* par Luher [7]; *Carassius* par Tung [8]; *Fundulus* par Oppenheimer [9], comme suite à d'autres types d'interventions.

Ainsi la moelle peut se différencier sans induction chordale; toutefois l'action de cette dernière reste nécessaire au parfait achèvement de l'axe nerveux, en particulier de son plancher. Les conditions opératoires dans la plupart des cas permettent d'exclure l'intervention d'une cytolyse (Holtfreter) [10] ou d'un début d'induction par le matériel invaginé pour expliquer l'origine de ce système nerveux. Seules subsistent la possibilité d'une induction exclusivement mésoblastique ou d'une auto-différenciation de l'épiblaste, hypothèse qui paraît, dans l'état actuel des recherches, la plus vraisemblable. L'auto-différenciation interviendrait peut-être à un certain degré, dans le développement normal, conjointement à l'induction par le champ chordo-mésoblastique.

ZOOLOGIE. — *Sur la réalisation du dispositif d'accrochage des* hémélytres *au thorax chez* Notonecta (*Insectes Hémiptères*). Note (*) de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Louis Fage.

Le *bouton-pression* qui assujettit au repos les hémélytres des *Notonectidæ* au mésothorax a été considéré, par tous les auteurs qui l'ont décrit [1], comme l'un des exemples les plus remarquables de ces dispositifs anatomiques désignés par Cuénot sous le terme de *coaptations*. Cuénot et Poisson [2] ont conclu que les parties antagonistes de la future coaptation : encoche hémélytrale et bouton de l'épimérite mésothoracique se développaient indépendamment l'un de l'autre et acquéraient de cette façon toute la perfection caractérisant la coaptation définitive. *La réalisation de celle-ci lors de la mue imaginale excluait toute idée de moulage réciproque.*

Corset [1] conclut également que le bouton mésothoracique a déjà sa forme définitive avant la mue, mais que la loge hémélytrale est, au sortir de l'exuvie nymphale, *plus grande que le bouton,* si bien que la coaptation n'est pas d'emblée parfaite et « suppose une action ultérieure de l'air et surtout du sang

(7) *Arch. Entw. Mech.*, 137, 1937, 404-424.

(8) *Proc. zool. soc.*, 114, 1944, 46-64 *et* 115, 1945, 175-188.

(9) *J. exp. zool.*, 72, 1936, 247-269.

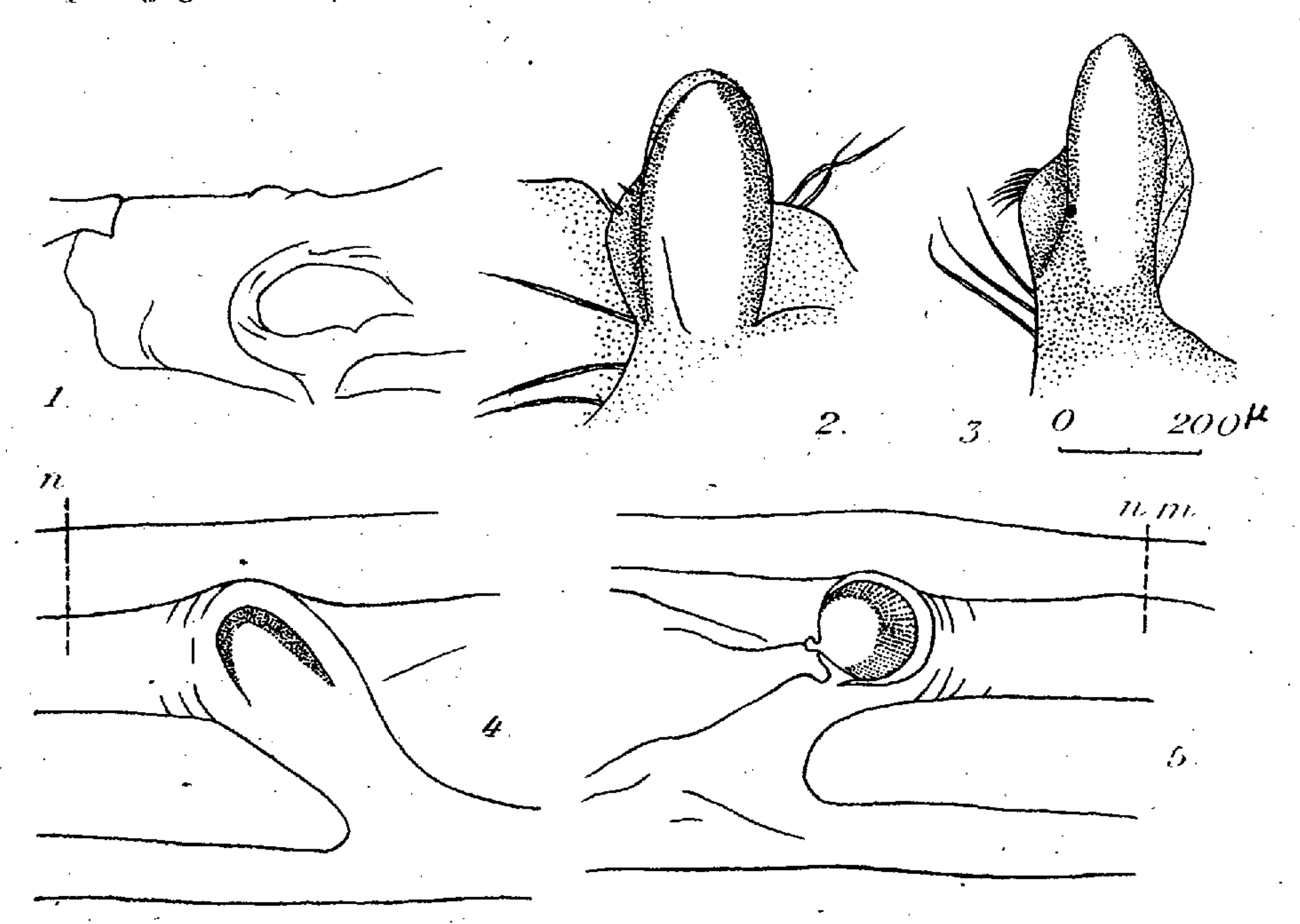
(10) *J. exp. zool.*, 95, 1944, 307-340.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

(1) R. Poisson, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 58, 1924, p. 48-305; J. Corset, *ibid.*, suppl., 13, 1931, p. 337.

(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 463.

qui en dilatant les parties coaptantes les adapteront l'une à l'autre ». Ce schéma du mécanisme de formation de la coaptation exclut également l'idée de moulage réciproque, auquel Corset ne fait aucune allusion. Cet auteur ne paraît avoir étudié cette coaptation qu'au moyen de coupes histologiques. Or il est extrêmement difficile, sinon impossible, d'obtenir de bonnes coupes des organes mous au sortir de l'exuvie : la pression du rasoir déforme à tel point l'encoche hémélytrale que Corset a conclu à l'existence d'une disposition totalement inverse de la réalité : l'examen des organes *in toto* au sortir de l'exuvie, montre que l'*encoche hémélytrale est beaucoup plus petite que le bouton mésothoracique* (*fig.* 1 et 2).



La seule façon de conclure à la réalité d'un moulage réciproque était de réaliser expérimentalement le déploiement indépendant de chacune des parties coaptantes au sortir de la mue. C'est ce qui a été réalisé chez *Notonecta glauca*, en recouvrant d'un petit tampon de paraffine le bouton mésothoracique droit d'un imago au sortir de la mue imaginale, alors que les élytres, très chiffonnés, ne sont pas encore rabattus contre le thorax. Au bout d'une semaine l'animal a été sacrifié : alors que l'hémélytre gauche était parfaitement coapté avec le bouton correspondant, l'hémélytre droit entièrement déployé, était simplement rabattu contre le corps sans être coapté. L'encoche hémélytrale a présenté un diamètre identique à celui qu'elle offrait au sortir de l'exuvie nymphale (*fig.* 4). L'encoche de l'hémélytre gauche, représentée à la même échelle (*fig.* 3) *a un aspect circulaire exactement adapté à la section de la partie distale du bouton correspondant.*

De même la comparaison des coupes transversales des deux hémélytres montre un creusement considérable de l'encoche, en forme de cône dans le cas de l'hémélytre coapté. Il s'agit en fait, dans le cas de l'hémélytre non coapté, non d'une véritable encoche, mais de l'espace laissé libre par la bifurcation d'une grosse nervure submarginale (*nm. fig.* 4 et 5). La profondeur de cette ébauche de la future encoche ne correspond qu'à la saillie de la nervure submarginale par rapport au plan de l'aile.

La comparaison des boutons mésothoraciques, au sortir de l'exuvie et à l'état coapté d'une part (*fig.* 2 et 3), témoigne d'une grande différence de forme : le bouton apparaît, à la mue imaginale, massif et doublé d'un rebord chitineux de l'épimérite dont l'extrémité arrondie dépasse légèrement la pointe du bouton. Ce dernier est beaucoup plus effilé une fois la coaptation réalisée, et son extrémité conique est libre par suite de l'écrasement du rebord de l'épimérite. La comparaison, d'autre part, des boutons droit et gauche des individus expérimentés montre que le rebord de l'épimérite qui double le bouton est bien écrasé par suite d'une interaction mécanique des deux ébauches : il est en effet resté déployé du côté droit.

Ainsi les premiers résultats de cette étude expérimentale rejoignent entièrement les conclusions auxquelles ont abouti les expériences effectuées sur les coaptations sexuelles des Oniscoïdes ([3]). Quel que soit le mécanisme ontogénétique qui préside à la formation des ébauches des deux parties coaptantes chez la nymphe, il est certain que dans le cas de la coaptation d'accrochage des hémélytres des Notonectes, *l'interaction mécanique de ces ébauches au sortir de l'exuvie nymphale joue un rôle capital dans la réalisation de la coaptation*, tellement capital que sans cette interaction il n'y aurait pas de coaptation.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Influence des prédateurs et des parasites sur l'apparition des formes ailées de* Brevicoryne brassicæ *L.* (*Hem. Aphididæ*). Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les virginipares ailés de la plupart des espèces d'*Aphidinæ* s'observent depuis le mois d'avril jusqu'à l'automne; leur importance relative, par rapport à celle des virginipares aptères, varie dans de fortes proportions durant toute cette période. Les facteurs les plus variés ont été invoqués pour expliquer leur apparition : la dessiccation de la plante-hôte, la nutrition déficiente ou surabondante, la surpopulation, la température, la lumière; il a été également fait appel à des facteurs internes.

Mes observations ont porté sur une population de *B. brassicæ* dans une plantation de choux et sur des hampes florales de Colza d'hiver; il a été dénombré, tous les cinq à dix jours : les adultes et les nymphes des virginipares

([3]) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 80, 1946, p. 241-388.

aptères et ailés, les larves, les prédateurs et les pucerons parasités par divers hyménoptères.

Le tableau ci-dessous indique les chiffres obtenus pour la première décade de chaque mois de l'année 1946 et ramenés à 10 plantes :

	Fleur Colza.			Feuille Chou.		
Mois.	Nombre nymphes et adultes.	Ailés (%).	Parasités (%).	Nombre nymphes et adultes.	ailés (%).	Parasités (%).
avril	68	0	0	22	0	0
mai	236	0	13,5	234	0	13,6
juin	2037	90,6	2,5	122	83,6	0
juillet	0	0	0	8	0	0
août	–	–	–	10	0	40,0
septembre	–	–	–	10	0	0
octobre	–	–	–	52	15,8	14,3
novembre	–	–	–	48	10,0	16,6

Le pourcentage des ailés présente deux maxima, l'un en juin et l'autre à l'automne; il a été de 87,5, le 27 juin 1945 et de 83,6 le 4 juin 1946 sur Chou, de 80,5 le 21 juin 1945 et de 90,6 le 4 juin 1946, sur tige florale de Colza. A l'automne, un pourcentage d'ailés de 10 à 30 % s'observe durant les mois de septembre et d'octobre : un petit nombre d'entre eux sont des sexupares. Il peut y avoir production de près de 100 % d'ailés, fin septembre ou début d'octobre, pour les colonies se développant sur des hampes florales de Colza semé tardivement.

Par des élevages réalisés au laboratoire, à la lumière naturelle et à des températures variant de 15 à 23°, j'ai constaté qu'aucun ailé n'apparaissait si des précautions suffisantes étaient prises pour éviter l'influence de *l'effet de groupe*. Celui-ci peut agir pleinement dans la nature : les premiers ailés, provenant généralement de virginipares hivernants, apparaissent dans le courant du mois de mars et se disséminent sur les Crucifères. Ils sont relativement moins nombreux sur les feuilles que sur les hampes florales de Colza, et la densité de peuplement des adultes et de leurs larves est en conséquence plus faible : il en résulte une production d'ailés moins précoce et, en proportion, moins importante ; c'est ainsi que le pourcentage des ailés était, le 21 mai, de 5,7 sur les feuilles de Chou, contre 18,1 pour le Colza, le 29 mai de 52,0 contre 72,8, le 4 juin de 83,6 contre 90,6.

Au début du printemps, les pucerons engendrent de nombreux descendants manifestant un instinct grégaire marqué, ce qui permet à l'effet de groupe de se manifester; les prédateurs et parasites, d'apparition plus tardive (il a été dénombré sur 10 tiges florales de Colza, 2 larves de syrphes le 30 avril, 12 le 16 mai, 6 le 29 mai, 140 le 11 juin), en décimant les colonies, ne permettent plus à l'effet de groupe de faire sentir son action que dans une proportion réduite; le départ des ailés aboutit également à une diminution de la densité de population.

La raréfaction des pucerons entraîne celle de leurs ennemis et les Aphides peuvent se multiplier à nouveau au début de l'automne, ce qui entraîne l'apparition des ailés et un accroissement d'activité des prédateurs et des parasites.

GÉNÉTIQUE. — *Régularisation et augmentation de la fertilité chez certains* Ægilotricum. I. Ægilops ventricosa × Triticum Timophevii. Note (*) de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des croisements de l'*Ægilops ventricosa* par *Triticum Timophevii*, tous deux tétraploïdes à $2n = 28$, une plante fut obtenue morphologiquement intermédiaire entre les espèces parentes [1]; c'est-à-dire à épis speltoïdes. La meïose de cette F1 montra une très faible conjugaison chromosomique; en moyenne, par cellule, 25,7 monovalents et seulement 1,1 bivalent. On récolta trois graines viables, deux par fécondation libre et une par croisement.

F2 (*fécondation libre*). — Deux plantes, à nombres chromosomiques accrus, s'élevèrent normalement; l'une est hexaploïde à $2n = 42$, l'autre à $2n = 40$. Morphologiquement, la première fut très voisine du type F1, alors que la seconde, très gracile, avait plutôt un aspect ægilopoïde. A la meïose on observa, en moyenne, par cellule, 9,9 univalents, 14,8 bivalents, 0,7 trivalent et 0,1 quadrivalent pour la plante à $2n = 42$ et 21,8 univalents, 6,4 bivalents, 1,4 trivalent, 0,2 quadrivalent et 0,06 pentavalent pour celle à $2n = 40$, soit déjà pour la première une nette augmentation et des éléments appariés et consécutivement de la fertilité puisque, en moyenne, 16,1 grains furent récoltés par épi et 1,25 par épillet. Par contre, la plante à $2n = 40$ a été complètement stérile.

Recroisement. — Une plante fut obtenue du recroisement de la F1 par *T. Timopheevii*; elle est également hexaploïde et doit provenir de l'union d'un gamete ♀, non réduit, de l'hybride avec un grain de pollen normal ($2n = 28 + n = 14 : 2n = 42$). Morphologiquement elle est très semblable, bien que légèrement moins vigoureuse, à l'individu F2 de même formule chromosomique. La méïose et sa fertilité étant presque identiques, il est très vraisemblable que cette plante F2 à $2n = 42$ est apparue librement par le même processus, c'est-à-dire par duplicature chromosomique ♀. D'ailleurs, au cours de la F1, la méïose présentait d'assez nombreuses figures aboutissant à la formation de noyaux de restitution diploïdes.

F3 (*Fécondation libre*). — Les 350 plantes élevées à cette génération sont très hétérogènes. Cytologiquement, 172 d'entre elles ont été analysées en 1948

---

[1] Hybride réalisé en 1946 aux Laboratoires Vilmorin à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.).

donnant des dénombrements allant de $2n = 29$ à $2n = 45$, avec une plus grande fréquence pour les valeurs suivantes (142 plantes) :

$2n$	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.
Nombre de plantes	13	20	20	28	30	19	12

Des observations méiotiques ont été effectuées sur 56 plantes prélevées parmi les divers types caryologiques cités ci-dessus. D'une manière assez générale, il n'existe plus que 3 à 6 chromosomes univalents par cellule, c'est-à-dire qu'il y a diminution notable de leur nombre et augmentation des éléments conjugués. Le pollen de quelques plantes est aussi de meilleure qualité; les étamines entièrement déhiscentes, et la fertilité élevée. Ainsi, certains individus à $2n = 42$, donnèrent : 18,5, 21,5, 23,9, 24,8 et 25,6 grains par épi et respectivement : 1,79, 1,85, 1,64, 1,57 et 1,63 par épillet.

Il résulte de ces premières observations que quelques hybrides F3 tendent déjà vers des organisations chromosomiques de plus en plus homologues se traduisant par une augmentation et des accouplements chromosomiques et de la fertilité. Dans les générations à venir on peut espérer obtenir des types génotypiquement équilibrés, à accouplement complet et régulier; par exemple à $2n = 42$ et $n = 21$, ce qui serait la réalisation d'un nouveau Blé synthétique hexaploïde contenant, fait intéressant, le génome G du *Triticum Trimophevii.*

Notons que ces plantes F1, F2 et F3 se montrèrent très généralement indemnes de maladies cryptogamiques, en particulier des rouilles (quelques taches d'hypersensibilité); caractères apportés par le géniteur ♂ qui est pratiquement immune à ces parasites (ou du moins à leurs formes physiologiques des plus communes).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action amphisexuelle de la prégnéninolone chez* Discoglossus pictus *Otth.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans un travail antérieur ([1]) nous avons eu l'occasion de montrer que la prégnéninolone ou éthynil-testostérone a, chez *Discoglossus pictus*, une puissante action masculinisante sur un caractère sexuel somatique caractéristique des Amphibiens anoures : la callosité. On obtient, en effet, par un tel traitement, dès la métamorphose, et même avant, une microcallosité sur le rudiment du pouce.

Ce fait traduisait l'une des propriétés sexuelles de la prégnéninolone, dont on sait qu'elle est polyvalente (œstrogène, androgène, progestative). Or, l'étude des gonades des animaux ainsi traités, nous a révélé des faits assez inat-

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 633 et 635.

tendus et nous amené à reprendre l'expérience initiale selon de nouveaux protocoles.

Voici les données relatives à une série expérimentale :

Ponte du 12 février 1948 d'un couple provenant de Tozeur (Sud-Tunisien); *éclosion* le 14 février. Formation achevée de la cavité branchiale le 17; *mise en expérience* le même jour; *température* de l'élevage 23°.

Lot témoin (T) : 50 têtards métamorphosés du 16 mars au 1er avril, la plus grande partie du 22 au 25 mars. Densité de l'élevage : 5 têtards pour un litre d'eau. *Sex-ratio* de la métamorphose : 23 ♀, 27 ♂.

Lot expérimental (B) : 50 têtards; densité : 5 têtards pour un litre d'eau. *Concentration en prégnéninolone* : comprimés ajoutés à l'eau à la dose de 2 mg/l; Changement de l'eau et de l'hormone : 17 et 25 février, 5, 11 et 19 mars. *Métamorphose* : 23 mars au 2 avril, la plus grande partie du 26 au 30 mars; 48 têtards atteignent la métamorphose et sont étudiés.

Résultats. — L'examen de la *sex-ratio* des témoins, montre que la souche de *D. pictus* utilisée appartient à un type différencié. La durée moyenne de la métamorphose a été très légèrement plus longue pour les animaux traités.

Tous les animaux traités ont une microcallosité fortement développée avec grosses papilles; or, la callosité est un caractère sexuel post-pubéral. Mais, en même temps, *toutes les gonades sont des ovaires*.

On obtient donc ce résultat assez saisissant d'observer des animaux ayant des ovaires et une callosité. En fait, l'examen macroscopique montre qu'à côté d'ovaires absolument typiques (appartenant vraisemblablement aux femelles génétiques), on trouve des gonades plus courtes, non lobées, difficiles à identifier par leur aspect externe, mais, qui, en coupes, sont bourrées d'ovocytes ayant achevé la préméiose. La structure de ces gonades est particulière; cependant elles ont le caractère essentiel d'un ovaire : la présence massive d'œufs. Il s'agit là probablement de mâles génétiques féminisés.

Bien que ce résultat en lui-même soit assez curieux, il traduirait seulement d'une manière remarquable l'action polyvalente de la prégnéninolone, si l'on ne le rapprochait d'autres résultats. Opérant avec le même produit, dans des conditions voisines, mais sur une race indifférenciée de *Rana temporaria*, Jost (²) a constaté que tous les animaux en expérience avaient des testicules (100 % des témoins ont des ovaires). Jost ne mentionne pas d'action sur le territoire-callosité. Par ailleurs, Eversole et d'Angelo (³) ont fait des observations identiques à celles de Jost, mais sur une espèce américaine voisine, *Rana pipiens*. L'ensemble de ces faits montre qu'un composé donné (il s'agit ici d'une hormone synthétique), agissant sur la morphogénèse sexuelle, peut, non seulement manifester, sur deux territoires récepteurs différents d'une même

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 685.

(³) *J. Exp. Zool.*, **92**, 1943, p. 215.

espèce, deux propriétés opposées (œstrogène et androgène), mais encore traduire deux propriétés opposées (féminisation et masculinisation), sur un même récepteur (gonade), appartenant à deux espèces différentes d'un même groupe zoologique (Amphibiens Anoures).

Ces faits sont à rapprocher de ceux que Padoa ([4]) et nous-même ([5]) avons observés avec l'œstradiol sur *Rana temporaria* et *Resculenta*, que Wolff ([6]) (et coll.) ont mis en évidence, avec l'androstérone ([6]) et l'androstanediol (3 cis, 17 trans), sur l'embryon de Poulet; Burns ([7]) sur l'Opossum.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le précipité formé au cours du vieillissement du sérum.* Note ([1]) de M. **Jacques Polonovski**, M[lle] **Marguerite Faure** et M. **Michel Macheboeuf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le sérum conservé en ampoules se trouble à la longue. Ceci fait perdre d'importants stocks de sérums thérapeutiques que leur aspect fait rejeter avant qu'ait disparu leur activité biologique. Après une brève étude, certains auteurs avaient cru pouvoir admettre qu'il s'agissait de sels de calcium d'acides phosphatidiques ([2]) ([3]). Nous infirmons totalement cette conclusion.

Nous nous sommes servis d'ampoules de sérums thérapeutiques périmés, datant de 1940 ([4]). Le précipité fut recueilli par centrifugation, lavé par une solution saline isotonique au sérum (ClNa 9 °/₀₀, Cl_2Ca 0,3 °/₀₀), puis par l'eau distillée. Il se présente alors sous l'aspect d'une pâte blanche. Au microscope polarisant, on distingue de fines aiguilles anisotropes, une substance amorphe et quelques gouttelettes lipidiques. Le spectre d'émission nous indiqua la présence de calcium, de silice, d'un peu de fer et l'absence de magnésium.

Nous avons d'abord dissous les gouttelettes huileuses dans l'éther en milieu neutre (*fraction* I). Ensuite, nous avons extrait par l'éther en milieu acide une *fraction* II, où nous nous attendions à trouver les acides phosphatidiques. La phase aqueuse acide décantée étant encore trouble, nous en avons séparé par centrifugation un résidu insoluble (*fraction* III). Enfin, nous avons étudié ce qui s'était dissous dans l'eau en milieu acide; pour cela, nous avons alcalinisé

([4]) *Mon. Zool. Ital.*, 53, 1942, p. 210.
([5]) L. Gallien, *Bull. Biol.*, 75, 1941, p. 369.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 1474; Et. Wolff et G. Strudel, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 689.
([7]) *J. Exp. Zool.*, 100, 1945, p. 119.

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 11987, déposé le 10 juillet 1944, ouvert à la demande des auteurs le 8 décembre 1948.
([2]) A. Roche et F. Marquet, *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 1147.
([3]) I. M. Khabas, *Arch. Sc. Biol. U. R. S. S.*, 41, 1930, p. 165.
([4]) Il s'agit de sérum tyndalisé à 56° lors de sa préparation.

par de la soude. Le précipité formé constitue la *fraction* IV. Nous avons appelé *fraction* V ce qui restait solubilisé dans l'eau en milieu alcalin.

Nos résultats quantitatifs sont rapportés à un échantillon, désigné par E, pesant 0,367g isolé de 4 litres de sérum. (P : 0,58 %. N : 2,4 %. Cendres : 17,3 %. Ca : 5 %).

A. La très petite fraction I (1 % de E) ne représente que des traces de lipides non phosphorés contenant du cholestérol (28 %).

B. La fraction II est la plus importante (62 % de E). Elle est constituée par des cristaux blancs, insolubles dans l'eau. L'absence totale et inattendue de phosphore élimine d'emblée l'hypothèse d'acides phosphatidiques. Il s'agit simplement d'acides gras saturés : indice d'iode nul; poids moléculaire moyen : 270 (entre acides stéarique et palmitique).

C. La fraction III est peu abondante (17 % de E) (couleur blanc grisâtre, car c'est là que se rassemblent les poussières présentes). Il s'agit d'une fraction insoluble dont la teneur en azote (11,2 %) et la pauvreté en phosphore (0,14 %) font penser à des protéides dénaturés. Nous avons vérifié cette hypothèse par les réactions xanthoprotéique et de Millon. Cependant, la teneur en azote ne correspond qu'à 70 % de protides. Il est vrai qu'il reste par calcination une quantité de cendres non négligeable (6 %).

D. La très faible masse (7 % de E) de la fraction IV en rend l'étude délicate. Elle est constituée par des petits cristaux mal formés, anisotropes, brunissant à peine par chauffage à 300°. Cette fraction serait donc surtout minérale. L'analyse qualitative a révélé la présence de calcium et de phosphore, d'un peu de fer, de carbonates, de silice, de bore et d'une très petite quantité de matières organiques. Certains de ces constituants peuvent venir d'une attaque du verre boraté des ampoules : le dosage du bore ([5]) a prouvé qu'il s'agissait seulement de traces négligeables. Quant à la silice, nous n'en avons trouvé que 1 ou 2 % de E. En revanche, les dosages ([6]) de phosphore nous ont montré qu'en gros, tout le phosphore de E se retrouve dans cette fraction et uniquement à l'état minéral. Enfin, le dégagement de CO_2 obtenu par l'action des acides sur cette fraction IV nous a conduit à doser les carbonates directement sur E (2,3 %).

E. La fraction V (13 % de E) résidu soluble dans l'eau mère alcaline contient du calcium provenant des sels des acides gras libérés par ClH; elle contient en outre de très faibles quantités de phosphates et de protéides dénaturés.

Conclusion. — Contrairement à ce qu'on admettait jusqu'ici, le précipité formé au cours du vieillissement du sérum ne contient pas d'acides phosphatidiques; il est essentiellement constitué par des sels de calcium d'acides gras saturés. Il contient en outre des protéides dénaturés et des éléments minéraux, phosphates et carbonates de calcium et de fer.

([5]) G. Bertrand et H. Agulhon, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1433.
([6]) M. Macheboeuf et J. L. Delsal, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 116.

Les acides phosphatidiques n'existant pas normalement dans le sérum, on attribuait leur apparition à la décomposition de phosphatides. Mais nous voyons qu'il s'agit seulement d'acides gras, et l'on sait que le sérum en contient une certaine quantité. Nous pouvons donc envisager que ces sels de calcium précipitent par simple variation de conditions physiques due à l'instabilité de la solution colloïdale (légère augmentation du pH, entraînement par les protéides dénaturés). Mais on sait aussi que les sérums renferment une lécithase [7] qui libère peut-être des acides gras et de l'acide phosphorique, capables de faire dépasser le seuil de solubilité de leurs sels de calcium [8].

CHIMIE MICROBIENNE. — *Formation bactérienne d'acide pyruvique et d'acide lactique à partir de l'anhydride carbonique et de l'alcool ou de l'acide acétique.* Note de M. **Eugène Aubel**, Mme **Marianne Grunberg-Manago** et M. **Jekisiel Szulmajster**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que l'origine de l'anhydride carbonique et de l'hydrogène dans les produits de fermentation de Esch. Coli est le clivage de l'acide pyruvique qui donne finalement de l'acide acétique et de l'acide formique, ce dernier se décomposant en gaz carbonique et hydrogène. Tout ceci se résume ainsi :

$$CH_2COCOOH + H_2O \rightarrow CH_3COOH + H_2 + CO_2.$$

Ainsi, à une molécule d'acide acétique correspond une molécule de CO_2. Comme, d'autre part, nous avons constaté que l'origine de l'alcool dans le cas de Esch. Coli est la réduction de l'acide acétique, on peut, dans des bilans de fermentation, admettre que l'on doit trouver deux fois plus de carbone correspondant aux corps en C_2 que de carbone correspondant aux corps en C_1. Or, ceci, qui se vérifie dans les fermentations effectuées par Esch. Coli non proliférant à partir du glucose ou de l'acide pyruvique lorsque l'on est en aérobiose, ne se vérifie plus lorsque l'on est en anaérobiose. Dans ce cas, les chiffres trouvés de CO_2 et de HCOOH sont nettement trop faibles, de l'ordre de 40 %. D'autre part, si les expériences sont faites en anaérobiose, mais en absorbant le CO_2 à mesure qu'il se forme, on retrouve les chiffres théoriques. Tout se passe donc comme si le CO_2 pouvait être utilisé, ainsi que Wood et Werkman [1] l'ont vu, pour donner de l'acide succinique à partir des acides en C_3. Mais les dosages d'acide succinique montrent que la réaction de Wood-Werkman n'explique que très partiellement le déficit de CO_2. Il y a donc une autre utilisation du CO_2. En effet, si l'on suspend dans un tampon de phosphate

---

(7) E. Lebreton et J. Pantaléon, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 36.

(8) *Voir* dans la Note de M. Gabriel Bertrand (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1308) le moyen d'empêcher la production du précipité.

(1) *Bioch. Journ.*, 30, 1936, p. 481; 32, 1938, p, 1262; 34, 1940, p. 129.

les bactéries en présence d'acétate, pratiquement rien ne se passe. Mais si, au même tampon, on ajoute du CO_3NaH, on constate la formation de lactate et de pyruvate.

Expériences.					Produits formés en mg. Acide pyruvique.	Acide lactique.
Bactéries + tampon phosphate				$+ CO_3HNa$...	0	0
»	+ »	+	acétate m/40	— ...	0	0
»	+ »	+	acétate	$+ CO_3HNa$...	1,3	0,5
»	+ »	+	alcool m/60	— ...	0	0
»	+ »	+	alcool	$+ CO_3HNa$...	1,66	0,1
»	+ »	+	phosphate d'éthyle m/60	— ...	0,43	0
»	+ »	+	phosphate d'éthyle	$+ CO_3HNa$...	3,76	0,26

Dans toutes les expériences le pH final est 6,8.

Ceci est à rapprocher d'un travail récent de Kaplan et Lipmann [2] qui ont montré la réversibilité de la réaction :

$$HCOOH + CH_3COOPO_3H_2 \rightleftharpoons CH_3COCOOH + PO_4H_3.$$

En outre, on constate le même phénomène avec l'alcool et mieux, le phosphate d'éthyle. Mais les résultats sont moins constants, certaines expériences ne montrant aucune transformation de l'alcool.

Ainsi, dans les fermentations produites par *Esch. Coli* à partir du glucose et de l'acide pyruvique, une partie des acides en C_3 a son origine dans une synthèse à partir de CO_2 et des corps en C_2.

PHARMACOLOGIE. — *Action du chlorhydrate d'éthyl-1 éthanesulfonyl-4 pipérazine sur le choc traumatique du Cobaye.* Note (*) de M. **Daniel Bovet**, Mme **Simone Courvoisier**, MM. **René Ducrot** et **Robert Jacob**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans deux Notes antérieures [1], [2] nous avons signalé l'activité dans le choc traumatique expérimental de la polyvinylpyrrolidone et de plusieurs amides simples. En poursuivant nos recherches, nous avons reconnu la protection exercée par les sulfamides de la série aliphatique ; parmi les produits

---

[2] *Journ. of Biol. Chem.*, 178, 1948, p. 459.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

[1] D. Bovet, S. Courvoisier et R. Ducrot, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 70-72.

[2] D. Bovet, S. Courvoisier, R. Ducrot et R. Jacob, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 496.

examinés jusqu'ici, le chlorhydrate d'éthyl-1 éthanesulfonyl-4 pipérazine (3885 R. P.)

$$C_2H_5{-}SO_2N\langle{}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CH_2}\rangle N{-}C_2H_5,\ ClH$$

s'est révélé le plus intéressant.

L'effet du produit a été étudié sur le choc obtenu selon la méthode du tambour (Noble et Collip) chez le Rat, sur le choc consécutif à la pose d'un garrot chez la Souris et le Cobaye, et sur le *crush-injury* du Cobaye.

La méthode de Noble et Collip ([3]) a été appliquée dans les mêmes conditions que dans nos Notes antérieures; nous avons seulement constaté, en multipliant les essais que la résistance des animaux était soumise à des variations marquées, dépendant, en particulier, des influences saisonnières : ainsi un choc produit en hiver par 700 tours du tambour correspond sensiblement à celui qui est produit en été par 400 tours du même tambour.

		Témoins.		Traités.			
		Nombre de survies (%).	Durée moyenne de la survie.	Doses (g/kg).	Voie.	Nombre de survies (%).	Durée moyenne de la survie.
Méthode du tambour :							
Chocs faibles (300 t.)..	Rat	12,5 (8)[a]	13 h. 45	0,050[b]	i. v.	100 (12)	24 h.[c]
» moyens (400 t.)..	»	5 (20)	5 h. 50	0,050[b]	»	83 (12)	20 [c]
» violents (500 t.)..	»	0 (16)	2 h. 25	0,050[b]	»	41,6 (12)	16 [c]
Méthode du garrot.....	Souris	0 (18)	1 j.	0,250[d]	s. c.	72 (25)	4,6 j.[e]
	Cobaye	0 (75)	2,9	0,300[f]	i. p.	94,2 (17)	5,8 [e]
				0,100[g]	»	50 (6)	3,8 [e]
				0,250[h]	s. c.	60 (5)	4,4 [e]
				0,100[i]	»	88,5 (26)	5,6 [e]
Crush injury..........	Cobaye	0 (64)	3,28 j.	0,100[i]	i. p.	100 (15)	6 j.[e]
				0,100[i]	s. c.	81,1 (53)	4,7 [e]

[a] Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'animaux utilisés dans l'essai. — [b] Injections avant le choc : (15 min., i. v.), (1 h., i. p. et s. c.). — [c] Pour l'établissement des moyennes nous avons compté pour 24 heures la durée de survie des animaux qui survivent définitivement. — [d] 0,250 g/kg injectés le premier jour 1 heure avant la pose du garrot, soit 5 heures avant le retrait. — [e] Pour l'établissement des moyennes nous avons compté pour 6 jours la durée de survie des animaux qui survivent définitivement. — [f] 0,300 g/kg injectés le premier jour 1 heure avant la pose du garrot, suivis d'un traitement quotidien de 0,150. — [g] 0,100 g/kg injectés le premier jour 1 heure avant la pose du garrot, suivis d'un traitement quotidien de 0,050. — [h] 0,250 g/kg injectés le premier jour 1 heure avant la pose du garrot, suivis d'un traitement quotidien de 0,100. — [i] 0,100 g/kg injectés le premier jour 1 heure avant la pose du garrot ou l'écrasement des pattes, suivis d'un traitement quotidien de 0,100.

Chez la Souris le choc a été obtenu à la suite de l'enlèvement d'un garrot laissé en place pendant 4 heures [Rosenthal ([4])]. Chez le Cobaye les garrots ont été posés à la naissance de la cuisse sur les deux pattes postérieures et

(3) Noble Collip, *Quat. J. Exp. Physiol.*, 31, 1942, p. 187.

(4) Rosenthal, *Public Health Reports*, 58, 1943, p. 1429.

laissés en place pendant 6 heures. La mort survient chez les animaux témoins en 1 à 5 jours après qu'il est apparu une gangrène qui s'étend progressivement à tout le train postérieur. Les pattes des cobayes traités ont présenté les premiers jours une inflammation notable qui a régressé ensuite jusqu'à la guérison totale.

Le *crush-injury* du Cobaye a été obtenu par broyage sous légère anesthésie des deux pattes postérieures dans un étau dont les deux mâchoires se referment jusqu'à 3mm environ l'une de l'autre. Dans cette expérience les animaux témoins sont tous morts 1 à 5 jours après le traumatisme. Dans aucun cas l'infection microbienne ne paraît avoir constitué un facteur d'intoxication significatif : un traitement par la pénicilline (Romansky 50000 U/kg) ou par la sulfathiourée (Solufontamide 0,02 g/kg) n'a jamais manifesté d'effet favorable sur la survie des témoins.

Ces différents essais ont permis de mettre en évidence une prévention remarquable des accidents du choc traumatique par l'éthyl-1 éthanesulfonyl-4 pipérazine.

Toxicité. — Pour la Souris, la dose L 50 est de 0g,450 par kilogramme par voie intra-veineuse et de 1g par kilogramme par voie sous-cutanée. L'éthyl-1 éthanesulfonyl-4 pipérazine est faiblement hypnotique et n'exerce sur la pression artérielle et sur le système nerveux végétatif que des actions peu marquées. Il ne semble pas que ce soit ni à l'action centrale, ni aux effets qu'elle exerce sur la pression artérielle et le cœur que soient liés les effets rapportés ici, qui peuvent au contraire être considérés comme une propriété pharmacodynamique *antichoc* d'un type nouveau.

On indiquera seulement que les observations qui montrent le pouvoir protecteur du produit vis-à-vis de certaines toxines microbiennes et en particulier de Cl. œdematiens revêtent à cet égard aussi une certaine valeur explicative.

MICROBIOLOGIE. — *Irradiation par des ondes ultraviolettes (ultra-courtes) d'une suspension de virus aphteux adsorbé par l'hydroxyde d'aluminium.* Note de MM. **Albert Hansen**, **Sven Schmidt** et **Paul Holm**, présentée par M. Gaston Ramon.

Durant ces dernières années plusieurs publications ont été faites concernant l'irradiation dans la production de divers virus-vaccins, notamment du vaccin, type pastorien, contre la rage. Rappelons, par exemple, celles de Karl Habel et B. T. Sockrider (1), Karl Habel (1947) (2) et Robert D. Francis, Albert Milzer et F. B. Gordon (1947) (3). Il ressort des résultats obtenus par

(1) *The Journal of Immunology*, 56, 1947, p. 273.
(2) *Public. Health Repts.*, 62, (22), 1947, p. 791-799.
(3) *Proceed. of the Soc. for Exper. Biology and Medicine*, 66, 1947, p. 184.

ces derniers savants, que le virus de la rage par exemple, est transformé par une brève exposition à la lumière ultraviolette. Les vaccins ainsi obtenus par l'irradiation ont une efficacité supérieure à ceux qui sont préparés selon les méthodes anciennes, c'est-à-dire, par l'action de divers corps chimiques, tels que le phénol, l'aldéhyde formique, etc.

Ayant pris connaissance de ces travaux, nous nous sommes proposé d'examiner comment le virus aphteux se comporte à cet égard. Il est connu que les vaccins préparés dans divers pays contre la fièvre aphteuse s'inspirent surtout des principes indiqués par Vallée (formol); H. O. Schmidt-Jensen, S. Schmidt et A. Hansen (hydroxyde d'aluminium) et puis techniquement mis en œuvre, pour la pratique, par Waldmann et Köbe (vaccin dit Schmidt-Waldmann).

Un appareillage très simple a servi dans nos études. Il est constitué par un tube de quartz d'un diamètre de 5^{mm}, d'une longueur de 90^{cm}, placé dans le centre d'un triangle dont les angles sont occupés par trois lampes à incandescence séparées les unes des autres à 120° (rayon), de telle façon que la distance entre le tube et les lampes correspond à 15^{mm}. Les lampes sont du type Westinghouse (steril lamps WL) $30\text{-}80^{cm}$ de longueur. Afin d'éviter la forte lumière qui en émane, un manchon d'aluminium enferme tout l'appareillage durant l'opération.

Nous avons opéré avec une suspension contenant 1,4 % de virus de cobaye actif ayant un titre de 1/10 000 000. Le contenu en hydroxyde d'aluminium correspond à 0,66 %. Immédiatement après la préparation, nous avons fait une dilution au 1/10 de la suspension avec de l'eau distillée. On fait varier la durée de l'irradiation de quelques secondes jusqu'à plusieurs minutes en employant pour chaque expérience 100^{cm^3} de la suspension diluée au 1/10.

Nous avons examiné cinq échantillons qui ont été traités respectivement pendant 180, 390, 495, 630 et 1140 secondes. Avec chacun des échantillons irradiés, on injecte 18 cobayes par voie sous-cutanée, chacun reçoit 1^{cm^3}. Après une semaine d'observation, aucun animal traité n'a présenté de symptômes de fièvre aphteuse; quatre jours après, trois animaux de chaque lot ont été injectés dans le coussinet plantaire avec de la lymphe primaire active diluée à 1/10, ce qui correspond à un million de doses infectantes pour un cobaye neuf. Résultat : un des animaux du premier lot a présenté une fièvre aphteuse généralisée, les deux autres seulement des réactions locales à l'endroit de l'inoculation. Tous les animaux du deuxième lot ont présenté une fièvre aphteuse généralisée, mais chez l'un des trois, la généralisation était très légère. Les trois cobayes de chacun des autres lots ont également fait une généralisation.

Huit jours après la vaccination, des animaux de chaque lot ont été soumis à l'épreuve, de la même façon, vis-à-vis du virus aphteux. Deux animaux du premier lot ont présenté des symptômes de généralisation et le troisième seulement une réaction locale. Un animal du deuxième lot a contracté une fièvre aphteuse généralisée, les deux autres n'ont eu que des réactions locales. Tous les animaux des autres lots ont contracté une fièvre aphteuse généralisée. On a procédé ensuite à une deuxième vaccination où tous les animaux

restant dans les différents lots ont reçu 1^{cm^3} correspondant au traitement primitif pour chaque lot. Huit jours plus tard, une épreuve d'efficacité a été faite comme précédemment, en utilisant cette fois six animaux pour chaque épreuve. Un seul animal du premier lot a présenté des symptômes de généralisation. Tous les animaux du deuxième lot ont contracté une fièvre aphteuse généralisée, cinq animaux du troisième lot ont présenté une généralisation et un animal, seulement des réactions locales. Les animaux des derniers lots ont tous présenté une généralisation de l'infection. Le restant des animaux a été vacciné une troisième fois, mais cette fois avec 1^{cm^3} de la suspension n° 1, c'est-à-dire, celle irradiée pendant 180 secondes seulement et qui s'est montrée la plus active. Tous ces animaux ont été éprouvés vis-à-vis du virus actif huit jours plus tard. Un animal du premier lot a présenté une fièvre aphteuse généralisée très légère, les cinq autres sont restés indemnes. Il en était de même pour le deuxième lot. Les animaux du troisième et quatrième lot n'ont présenté que des réactions locales, aucun d'eux n'a eu le moindre signe de fièvre aphteuse généralisée. Un animal du dernier lot a présenté une généralisation typique, les cinq autres sont restés indemnes. Pour le contrôle des épreuves d'immunité, chez les cobayes vaccinés, nous avons injecté autant de cobayes neufs qu'il y avait d'animaux vaccinés, et tous ces animaux ont contracté une fièvre aphteuse généralisée sévère.

Une deuxième expérience faite avec une suspension non diluée ne nous a pas permis d'obtenir une atténuation suffisante du virus.

De cette série d'expériences, il ressort que, sous certaines conditions, l'irradiation par la lumière ultraviolette d'un virus aphteux (cobaye) le transforme rapidement en anavirus, qui possède un pouvoir antigène relativement très élevé.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 18 octobre 1948.)

Note présentée le 11 octobre 1948, de M. *Victor Thébault*, Sur de nouveaux points du tétraèdre :

Page 754, *placer* (1) et (2) chacun deux lignes plus loin.

» 755, lignes 10 et 12-13, *supprimer* du symétrique par rapport au point G.

(*Comptes rendus* du 15 novembre 1948.)

Note présentée le 27 octobre 1948, de MM. *Anatole Rogozinski* et *Marc Lesage*, Sur le spectre différentiel des mésons de faible énergie :

Page 1027, Note (1), *lire* L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *J. de Phys.*, 8, 1937, p. 207

(*Comptes rendus* du 22 novembre 1948.)

Note présentée le même jour, de M. *Gabriel d'Alençon*, Vers l'unification des gammes inscrites au *Recueil des Constantes physiques* :

Page 1083, ligne 22, *au lieu de* 1,000129890, *lire* 1,001129890.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1948.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 227.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

M

N

O

P

S

U

V

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
137568-51 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.